



VIDÉKFEJLESZTÉSI
MINISZTERIUM

**ÚTMUTATÓ
AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKA MEGHATÁROZÁSÁHOZ
AZ ÜVEGGYÁRTÁS ENGEDÉLYEZTETÉSE SORÁN**

Budapest
2012. szeptember

Ez az Útmutató a Vidékfejlesztési Minisztérium megbízásából készült az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás során az üvegyártás engedélyeztetése alkalmával az elérhető legjobb technikák meghatározásához 2012-ben. A dokumentum 1.1 – 1.4 fejezete és 2. melléklete frissítésre került 2014-ben.

Az Útmutató elkészítését a Vidékfejlesztési Minisztérium Környezetmegőrzési Főosztálya koordinálta. Az Útmutató a felülvizsgált „Reference Document on Best Available Techniques in the Glass Manufacturing Industry” BREF alapján készült.

Az Útmutató kidolgozásában, összeállításában közreműködő partnerek:

Adamovics Orsolya, főosztályvezető-helyettes

Bejenaru-Sramkó Gyöngyi vezető tanácsos, IPPC referens

Vidékfejlesztési Minisztérium Környezetmegőrzési Főosztály, Környezetmegőrzési Osztály

Tóthné Kiss Klára és Tóth István szakértők, Szilikátipari Tudományos Egyesület

A Környezetmegőrzési Főosztály információs központként működik a hatóságok, a cégek és a nyilvánosság számára az IPPC (egységes környezethasználati engedélyezési eljárás) és az elérhető legjobb technikák magyarországi bevezetése és alkalmazása kapcsán felmerülő kérdéseket illetően. A Főosztály feladata továbbá a BREF-eket összeállító sevillai munkacsoportokba a szakértők delegálása, a felülvizsgálatokban való hazai részvétel irányítása.

IPPC-vel kapcsolatos további információk találhatóak a Minisztérium Integrált szennyezés-megelőzésről és csökkentésről szóló honlapján: www.ippc.kormany.hu is.

Az IPPC hatálya alá eső cégek számára javasolt, hogy az engedélykérelem elkészítésekor először a területileg illetékes zöldhatósággal vegyék fel a kapcsolatot.

TARTALOMJEGYZÉK:

1	ÁLTALÁNOS INFORMÁCIÓK	13
1.1	BEVEZETÉS	13
1.2	A BAT ALKALMAZÁSA IPPC LÉTESÍTMÉNYEK ESETÉN	15
1.3	AZ ENGEDÉLYKÉRELEM	15
1.4	AZ EGYSÉGES KÖRNYEZETHASZNÁLATI ENGEDÉLYEZÉSI ELJÁRÁS HATÁLYA ALÁ TARTOZÓ LÉTESÍTMÉNYEK.....	16
1.5	AZ ÁGAZAT BEMUTATÁSA / HAZAI HELYZETE.....	16
1.5.1	Csomagoló üveg	17
1.5.2	Síküveg	17
1.5.2.1	Float üveg	17
1.5.2.2	Hengerelt üveg	18
1.5.3	Folyamatos üvegrost.....	18
1.5.4	Háztartási üveg	18
1.5.5	Speciális üveg.....	19
1.5.6	Ásványgyapot.....	21
1.5.6.1	Üveggyapot.....	21
1.5.6.2	Kőzetgyapot	22
1.5.7	Magas hőmérsékletű szigetelő gyapot.....	22
1.5.8	Fritt	22
1.5.9	Ágazati termelési mutatók	23
1.5.10	Szakmai szervezetek.....	24
1.6	AZ ÁGAZAT FŐBB KÖRNYEZETI HATÁSAI.....	25
1.6.1	Az üveggyártás alapanyagai, alapanyag kezelés, keverékkészítés környezeti hatásai	25
1.6.2	Az üvegolvasztásból, olvasztást követő folyamatokból eredő környezeti hatások	27
1.6.3	Az üveggyártás során keletkező vízszennyezés	35
1.6.4	Az üveggyártás során keletkező hulladékok	36
2	ALKALMAZOTT FOLYAMATOK ÉS TECHNIKÁK	38
2.1	ANYAGKEZELÉS	38
2.2	ÜVEGOLVASZTÁS	39
2.2.1	Az üveggyártás alapanyagai	39
2.2.2	Az olvasztási folyamat	41
2.3	OLVASZTÁSI TECHNIKÁK	45
2.3.1	Regeneratív kemencék.....	47
2.3.2	Hagyományos rekuperatív kemence.....	51
2.3.3	Oxy-tüzelőanyag olvasztás	51
2.3.4	Elektromos olvasztás	52
2.3.5	Kombinált, fosszilis tüzelőanyagú és elektromos olvasztás.....	54
2.3.6	Szakaszos keverékolvasztás	55
2.3.7	Speciális olvasztó kialakítások	55
2.4	CSOMAGOLÓ ÜVEG	56
2.5	SÍKÜVEG	60
2.5.1	Float üveg eljárás.....	60
2.6	HÁZTARTÁSI ÜVEG.....	62
2.7	SPECIÁLIS ÜVEG	64
2.8	ÁSVÁNYGYAPOT	70
2.8.1	Üveggyapot.....	70
2.8.2	Kőzetgyapot.....	74

3	AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK (BAT) MEGHATÁROZÁSA SZERINT FIGYELEMBE VETT TECHNIKÁK	77
3.1	BEVEZETÉS	77
3.2	OLVASZTÁSI TECHNIKA KIVÁLASZTÁS	80
3.2.1	Elektromos olvasztás	83
3.2.2	A kemencék üzemeltetése és karbantartása.....	90
3.3	ANYAGTÁROLÁSI ÉS -KEZELÉSI TECHNIKÁK.....	92
3.3.1	Anyagtárolási technikák	92
3.3.2	Anyagkezelési technikák	93
3.4	OLVASZTÁSBÓL LEVEGŐBE TÖRTÉNŐ KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSÉNEK TECHNIKÁI	95
3.4.1	Részecske anyagok	95
3.4.1.1	Elsődleges technikák.....	99
3.4.1.2	Elektrosztatikus porleválasztók	105
3.4.1.3	Zsákos szűrők	118
3.4.1.4	Mechanikai porleválasztók	130
3.4.1.5	Magas hőmérsékletű szűrőeszköz.....	131
3.4.1.6	Nedves mosók.....	132
3.4.2	Nitrogén-oxidok (NO _x)	133
3.4.2.1	A tüzelés módosításai	134
3.4.2.2	Keverék összetétel	141
3.4.2.3	Speciális kemence kialakítások	143
3.4.2.4	A FENIX eljárás	145
3.4.2.5	Oxy-tüzelőanyag olvasztás	148
3.4.2.6	Kémiai redukció tüzelőanyaggal (CRF)	162
3.4.2.6.1	A „3R” eljárás	163
3.4.2.7	Szelektív katalitikus redukció (SCR).....	168
3.4.2.8	Szelektív nem katalitikus redukció (SNCR).....	178
3.4.3	Kén-oxidok (SO _x).....	186
3.4.3.1	Tüzelőanyag kiválasztás	187
3.4.3.2	Keverék összetétel kialakítás	189
3.4.3.3	Száraz vagy félszáraz mosás.....	191
3.4.3.4	Nedves mosók.....	203
3.4.4	Fluoridok (HF) és kloridok (HCl)	209
3.4.4.1	Alapanyag kiválasztással történő csökkentés	209
3.4.4.2	Mosási technikák	210
3.4.5	Szén-oxidok.....	210
3.5	NEM OLVASZTÁSBÓL LEVEGŐBE TÖRTÉNŐ KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSÉNEK TECHNIKÁI	215
3.5.1	Csomagoló üveg	215
3.5.2	Síküveg.....	216
3.5.3	Háztartási üveg	217
3.5.4	Speciális üveg.....	218
3.5.5	Ásványgyapot.....	218
3.5.5.1	Szálazás.....	218
3.5.5.1.1	Impact jet-ek (Sugár-ütközteteses leválasztók) és ciklonok.....	220
3.5.5.1.2	Nedves gázmosók.....	222
3.5.5.1.3	Nedves elektrosztatikus porleválasztók	226
3.5.5.1.4	Kőzetgyapot szűrők.....	229
3.5.5.2	Kikeményítő kemence	231

3.5.5.2.1	Impact jet-ek (Sugár-ütköztetési leválasztók) és ciklonok.....	232
3.5.5.2.2	Nedves gázmosó.....	233
3.5.5.2.3	Nedves elektrosztatikus porleválasztók	233
3.5.5.2.4	Hulladék gáz utóégetés.....	233
3.5.5.2.5	Kőzet gyapotszűrők.....	235
3.5.5.3	Termék lehűtés.....	236
3.5.5.4	Termékgyártó gépsor és csomagolás	237
3.5.5.5	Az ásványgyapot gyártás során keletkező szagok	237
3.6	VÍZBE TÖRTÉNŐ KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSÉNEK TECHNIKÁI.....	240
3.7	EGYÉB HULLADÉKOK CSÖKKENTÉSÉNEK TECHNIKÁI.....	243
3.8	ENERGIA	245
3.8.1	Olvasztási technikák és kemence kialakítás	247
3.8.2	Tüzelésszabályozás és tüzelőanyag kiválasztás	249
3.8.3	Üvegcserep felhasználás.....	250
3.8.4	Hulladékhő hasznosító kazán	252
3.8.5	Keverék és cserep előmelegítés.....	255
3.9	KÖRNYEZETIRÁNYÍTÁSI RENDSZEREK	260
4	ÜVEGGYÁRTÁSRA VONATKOZÓ BAT-KÖVETKEZTETÉSEK.....	264
4.1	ÁLTALÁNOS BAT KÖVETKEZTETÉSEK ÜVEGGYÁRTÁSRA.....	269
4.1.1	Környezetirányítási rendszerek	269
4.1.2	Energiahatékonyság.....	270
4.1.3	Anyagok tárolása és kezelése	270
4.1.4	Általános elsődleges technikák.....	272
4.1.5	Üveg gyártási folyamatok során a vízbe történő kibocsátások	275
4.1.6	Üveg gyártási folyamatokból származó hulladék.....	277
4.1.7	Üveggyártási folyamatokból származó zaj.....	278
4.2	BAT KÖVETKEZTETÉSEK CSOMAGOLÓ ÜVEG GYÁRTÁSRA	279
4.2.1	Olvasztó kemencékből származó por kibocsátások	279
4.2.2	Olvasztó kemencékből származó nitrogén-oxidok (NO _x).....	279
4.2.3	Olvasztó kemencékből származó kén-oxidok (SO _x)	282
4.2.4	Olvasztó kemencékből származó hidrogén-klorid (HCl) és hidrogén-fluorid (HF)	283
4.2.5	Olvasztó kemencékből származó fémek	284
4.2.6	További folyamatokból származó kibocsátások.....	285
4.3	BAT KÖVETKEZTETÉSEK SÍKÜVEG GYÁRTÁSRA	287
4.3.1	Olvasztó kemencékből származó por kibocsátások	287
4.3.2	Olvasztó kemencékből származó nitrogén-oxidok (NO _x).....	287
4.3.3	Olvasztó kemencékből származó kén-oxidok (SO _x)	290
4.3.4	Olvasztó kemencékből származó hidrogén-klorid (HCl) és hidrogén-fluorid (HF)	291
4.3.5	Olvasztó kemencékből származó fémek	292
4.3.6	További folyamatokból származó kibocsátások.....	293
4.4	BAT KÖVETKEZTETÉSEK FOLYAMATOS ÜVEGROST GYÁRTÁSRA.....	294
4.5	BAT KÖVETKEZTETÉSEK HÁZTARTÁSI ÜVEG GYÁRTÁSRA.....	294
4.5.1	Olvasztó kemencékből származó por kibocsátások	294
4.5.2	Olvasztó kemencékből származó nitrogén-oxidok (NO _x).....	295
4.5.3	Olvasztó kemencékből származó kén-oxidok (SO _x)	298
4.5.4	Olvasztó kemencékből származó hidrogén-klorid (HCl) és hidrogén-fluorid (HF)	299
4.5.5	Olvasztó kemencékből származó fémek	300

4.5.6	További folyamatokból származó kibocsátások.....	302
4.6	BAT KÖVETKEZTETÉSEK SPECIÁLIS ÜVEG GYÁRTÁSRA.....	303
4.6.1	Olvasztó kemencékből származó por kibocsátások	303
4.6.2	Olvasztó kemencékből származó nitrogén-oxidok (NO _x).....	304
4.6.3	Olvasztó kemencékből származó kén-oxidok (SO _x)	306
4.6.4	Olvasztó kemencékből származó hidrogén-klorid (HCl) és hidrogén-fluorid (HF)	307
4.6.5	Olvasztó kemencékből származó fémek	308
4.6.6	További folyamatokból származó kibocsátások.....	309
4.7	BAT KÖVETKEZTETÉSEK ÁSVÁNYGYAPOT GYÁRTÁSRA.....	309
4.7.1	Az olvasztó kemencék porkibocsátása	310
4.7.2	Olvasztó kemencékből származó nitrogén-oxidok (NO _x).....	310
4.7.3	Olvasztó kemencékből származó kén-oxidok (SO _x)	313
4.7.4	Olvasztó kemencékből származó hidrogén-klorid (HCl) és hidrogén-fluorid (HF)	314
4.7.5	Kőzetgyapot olvasztó kemencékből származó hidrogén-szulfid (H ₂ S)	315
4.7.6	Olvasztó kemencékből származó fémek	315
4.7.7	További folyamatokból származó kibocsátások.....	316
4.8	BAT KÖVETKEZTETÉSEK MAGAS HŐMÉRSEKLETŰ SZIGETELŐGYAPOT (HTIW) GYÁRTÁSÁRA	318
4.9	BAT KÖVETKEZTETÉSEK FRITT GYÁRTÁSRA.....	318
4.10	TECHNIKÁK LEÍRÁSA.....	319
4.10.1	Porkibocsátás.....	319
4.10.2	NO _x kibocsátás.....	320
4.10.3	SO _x -kibocsátás.....	322
4.10.4	HCl és HF kibocsátás	322
4.10.5	Fémkibocsátás	323
4.10.6	Kombinált gázkibocsátás (pl. SO _x , HCl, HF, bórvegyületek).....	323
4.10.7	Kombinált (szilárd és gáznemű) kibocsátás	324
4.10.8	Vágási, csiszolási és polírozási műveletek kibocsátásai	324
4.10.9	H ₂ S és VOC kibocsátás	324
1.	MELLÉKLET — KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSI TECHNIKÁK ÖSSZEFOGLALÁSA	325
2.	MELLÉKLET – ENGEDÉLYEZÉSI ELJÁRÁS	328
3.	MELLÉKLET – BREF KÉSZÍTÉSÉBEN RÉSZT VEVŐ SZERVEZETEK	332

TÁBLÁZATJEGYZÉK:

1.1 Táblázat: Anyagkezelésből eredő levegő szennyezés mértéke a 2008 évi kibocsátások alapján	26
1.2 Táblázat: A magyar üveghulladék és üvegcserep felhasználása	27
1.3 Táblázat: A csomagoló üveg olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezése, alkalmazott csökkentési technikák	29
1.4 Táblázat: A síküveg: float üveg olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezése, alkalmazott csökkentési technikák	30
1.5 Táblázat: A háztartási üveg (gépi gyártás) olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezése, alkalmazott csökkentési technikák.....	31
1.6 Táblázat: A háztartási üveg (kézi gyártás) olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezése, alkalmazott csökkentési technikák.....	32
1.7 Táblázat: A speciális üveg olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezése, alkalmazott csökkentési technikák.....	33
1.8 Táblázat: Az ásványgyapot: üveggyapot olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezése, alkalmazott csökkentési technikák.....	34
1.9 Táblázat: Az ásványgyapot: kőzetgyapot olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezése, alkalmazott csökkentési technikák.....	35
2.1 Táblázat: Fontos üveggyártási alapanyagok	39
2.2 Táblázat: Színezéshez alkalmazott elemek szilikátüvegekhez.....	41
2.3 Táblázat: Az EU kemence típusainak becsült adatai, 2005-ben (>20 t/nap létesítményekre)	46
2.4 Táblázat: A csomagoló üveg jellemző összetétele	56
2.5 Táblázat: Jellemző síküveg összetétel	60
2.6 Táblázat: A speciális üveg szektor fő termékeinek kémiai összetétele.....	69
2.7 Táblázat: Jellemző ásványgyapot összetételek	70
3.1 Táblázat: A fejezetben leírt egyes technikák ismertetése.....	78
3.2 Táblázat: Az elektromos olvasztás fő előnyei és hátrányai.....	85
3.3 Táblázat: Minta létesítmény a háztartási üveg szektornál (kristály és ólom kristály) alkalmazott elektromos olvasztásra.....	86
3.4 Táblázat: Minta létesítmény a speciális üveg szektornál alkalmazott elektromos olvasztásra	89
3.5 Táblázat: A porcsökkentés elsődleges technikáinak fő előnyei és hátrányai.....	103
3.6 Táblázat: Az elektrosztatikus porleválasztók fő előnyei és hátrányai.....	109
3.7 Táblázat: Minta létesítmények az ESP alkalmazásokkal kapcsolatos porkibocsátási szintekre.....	111
3.8 Táblázat: Sík-, csomagoló, speciális üveg és ásványgyapot gyártásnál használt elektrosztatikus porleválasztó jelenlegi költségeinek példái	115
3.9 Táblázat: LSZR rendszerek becsült költségei elektrosztatikus porleválasztókra és száraz mosóra, amelyeket üveg olvasztó kemencék füstgázaira használnak	117
3.10 Táblázat: A zsákos szűrők fő előnyei és hátrányai	122
3.11 Táblázat: Speciális üveg szektor két létesítményénél alkalmazott zsákos szűrők jelenlegi költségeinek példái	126
3.12 Táblázat: LSZR rendszerek becsült költségei zsákos szűrőkre és mosóra, amelyeket üveg olvasztó kemencék füstgázaira használnak	129
3.13 Táblázat: A ciklonok fő előnyei és hátrányai	131
3.14 Táblázat: Magas hőmérsékletű szűrők fő előnyei és hátrányai.....	132
3.15 Táblázat: Nedves mosók fő előnyei és hátrányai	133
3.16 Táblázat: A csomagoló üveg szektorban bizonyos alkalmazásoknál használt elsődleges technikákkal rövid távon elért NO _x kibocsátási szintek	139

3.17 Táblázat: A tüzelés módosításaival kapcsolatos NO _x kibocsátási szintek példái	139
3.18 Táblázat: Az oxy-tüzelőanyag olvasztás fő előnyei és hátrányai	155
3.19 Táblázat: Oxy-tüzelőanyag olvasztás alkalmazásával kapcsolatos NO _x kibocsátási szintek minta létesítményeknél	156
3.20 Táblázat: A csomagoló és speciális üveg szektoroknál alkalmazott oxy-tüzelőanyag olvasztás becsült költségek példái	161
3.21 Táblázat: A 3R technika fő előnyei és hátrányai	165
3.22 Táblázat: SCR technika alkalmazásával kapcsolatos NO _x kibocsátási szintek a minta berendezéseknél	171
3.23 Táblázat: SCR-el felszerelt float kemence szakaszosan mért NO _x kibocsátásainak eredményei	172
3.24 Táblázat: Az SCR technika fő előnyei és hátrányai	173
3.25 Táblázat: SCR technika alkalmazásával kapcsolatos NO _x kibocsátási szintek a csomagoló üveg, síküveg és speciális üveg gyártó minta berendezéseknél	177
3.26 Táblázat: SCR technikával üzemelő gyárak és üzemeltetési paraméterei	178
3.27 Táblázat: Az SNCR technika fő előnyei és hátrányai	180
3.28 Táblázat: DeNO _x elsődleges intézkedések költségeinek megvizsgált esetei	184
3.29 Táblázat: DeNO _x SCR, SNCR és 3R költségeinek megvizsgált esetei	185
3.30 Táblázat: A DeNO _x technikák további költségei EUR/t üveg	186
3.31 Táblázat: Tájékoztató tartományok a mész-nátron üvegkemencék SO _x kibocsátásairól a különböző tüzelőanyagoknál	187
3.32 Táblázat: Tájékoztató száraz abszorpció hatékonyságok Ca(OH) ₂ esetén	195
3.33 Táblázat: Tájékoztató SO _x csökkentési arányok Ca(OH) ₂ -al történő száraz mosásnál	195
3.34 Táblázat: Tájékoztató SO _x csökkentési arány Na ₂ CO ₃ -al történő száraz mosásnál	196
3.35 Táblázat: A savas gáznemű szennyezőanyagok jelenlegi csökkentési aránya száraz mosásnál különböző típusú abszorbensek és üzemelési feltételek mellett	196
3.36 Táblázat: Tájékoztató SO _x csökkentési arány Na ₂ CO ₃ oldattal történő félszáraz mosásnál	197
3.37 Táblázat: SO _x csökkentési arány Ca(OH) ₂ -al történő félszáraz mosásnál	197
3.38 Táblázat: A száraz és félszáraz mosó technikák fő előnyei és hátrányai	199
3.39 Táblázat: Szűrőrendszerrel kombinált szárazmosó használatával kapcsolatos kibocsátási szintek minta létesítményeknél	200
3.40 Táblázat: Speciális üveget gyártó minta létesítmény elektromos kemencéhez alkalmazott nedves mosással kapcsolatos kibocsátási szintek	206
3.41 Táblázat: DeSO _x módszerek összehasonlítása üveg olvasztó kemencék füstgázainál	208
3.42 Táblázat: Üvegkemencék különböző LSZR módszerei fajlagos költségeinek áttekintése por és SO _x csökkentésre	212
3.43 Táblázat: Különböző üvegkemencék különböző LSZR módszereinek fajlagos közvetett kibocsátásainak becslése	214
3.44 Táblázat: Üveggyapot létesítmény szálazási területről származó szilárd és gáz kibocsátásai NESP alkalmazásakor	227
3.45 Táblázat: A nedves elektrosztatikus porleválasztó (NESP) fő előnyei és hátrányai	228
3.46 Táblázat: A közetgyapot szűrők fő előnyei és hátrányai	230
3.47 Táblázat: A hulladékgáz utóégetés fő előnyei és hátrányai	234
3.48 Táblázat: Általában elérhető levegő kibocsátási értékek az ásványgyapot szektor nem olvasztási tevékenységeinél, különböző technikák alkalmazásakor	239
3.49 Táblázat: Csökkentési technikák beruházási és üzemeltetési költségei az ásványgyapot szektornál nem olvasztási tevékenységekre	240
3.50 Táblázat: Az üvegiparban alkalmazott lehetséges szennyvíz kezelő technikák listája ..	243

3.51 Táblázat: A fajlagos energia felhasználás minimalizálására alkalmazott technikák/intézkedések által elért jellemző értékek	246
3.52 Táblázat: Hulladékhő kazán minta létesítmények az üvegipar különböző szektoraiban	254
3.53 Táblázat: Csomagoló üveg kemence közvetlen cserép előmelegítő alkalmazásának minta létesítményei.....	259
4.1 Táblázat: A levegőbe történő kibocsátásokra vonatkozó BAT-AEL értékek referenciafeltételei	266
4.2 Táblázat: A mg/Nm ³ -ről kg/tonna olvadt üvegre történő átváltáshoz használt, energiahatékony, tüzelőanyag-levegő kemencéken alapuló indikatív tényezők.	268
4.3 Táblázat: Olvasztókemencéből szén monoxid kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek	274
4.4 Táblázat: Ammónia kibocsátására vonatkozó BAT-AEL-értékek SCR vagy SNCR technikák alkalmazása esetén	274
4.5 Táblázat: Üveggyártásból adódóan felszíni vizekbe történő szennyvízkibocsátásokra vonatkozó BAT-AEL értékek	277
4.6 Táblázat: Olvasztókemence porkibocsátási BAT-AEL értékek a csomagoló üveg szektorban.....	279
4.7 Táblázat: Olvasztókemence NO _x kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a csomagoló üveg szektorban	281
4.8 Táblázat: Olvasztókemence NO _x kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a csomagolóüveg-szektorban, amennyiben rövid kemencekampányokhoz vagy <100 t/nap kapacitású olvasztókemencék esetén a keverék összetételben nitrátokat használnak és/vagy speciális oxidáló tüzelési feltételeket alkalmaznak	282
4.9 Táblázat: Olvasztókemence SO _x kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a csomagoló üveg szektorban	283
4.10 Táblázat: Olvasztókemence HCl és HF kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a csomagoló üveg szektorban.....	284
4.11 Táblázat: Az olvasztókemence fémkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a csomagoló üveg gyártási ágazatban	285
4.12 Táblázat: Melegvégi bevonati tevékenységek levegőbe történő kibocsátásainak BAT-AEL értékei a csomagoló üveg szektorban, ha a további folyamatokból származó füstgázokat külön kezelik	286
4.13 Táblázat: További folyamatok SO _x kibocsátásainak BAT-AEL értéke, ha a csomagoló üveg szektorban a felületkezelési műveletekhez SO ₃ -at használnak, és e kibocsátásokat külön kezelik	287
4.14 Táblázat: Az olvasztókemence porkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a síküveg-gyártási ágazatban	287
4.15 Táblázat: Olvasztókemence NO _x kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a síküveg szektorban.....	289
4.16 Táblázat: Olvasztókemencéből származó NO _x -kibocsátásra vonatkozó BAT-AEL értékek a síküveg-gyártási ágazatban, amennyiben a keverék összetételben korlátozott számú, rövid kemencekampány során használnak nitrátokat speciális üveg gyártására.....	290
4.17 Táblázat: Olvasztókemence SO _x kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a síküveg szektorban.....	291
4.18 Táblázat: Az olvasztókemence HCl és HF kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a síküveg szektorban	291
4.19 Táblázat: Olvasztókemence fémkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a síküveg szektorban, a szelénnel színezett üveg kivételével.....	292

4.20 Táblázat: Olvasztókemence szelénkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a síküveg szektorban színezett üveg gyártás esetén	293
4.21 Táblázat: További folyamatokból a levegőbe történő kibocsátásokra vonatkozó BAT-AEL értékek a síküveg szektorban, amikor e kibocsátásokat külön kezelik.....	294
4.28 Táblázat: Olvasztókemence porkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartási üveg szektorban	295
4.29 Táblázat: Olvasztókemence NO _x -kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartási üveg szektorban	297
4.30 Táblázat: Olvasztókemence NO _x -kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartási üveg szektorban, amennyiben a keverék összetételben korlátozott számú, rövid kemencekampányhoz, vagy napi 100 tonnánál kisebb kapacitású, speciális mésznátronüveg típusokat (fehér/ultra fehér üveget vagy szelénnel színezett üveget) és egyéb speciális üvegfajtákat (azaz boroszilikátot, üveggerámiát, opálüveget, kristályt és ólomkristályt) gyártó olvasztókemencék esetében használnak nitrátokat.....	298
4.31 Táblázat: Olvasztókemence SO _x -kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartási üveg szektorban	299
4.32 Táblázat: Olvasztókemence HCl és HF kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartási üveg szektorban.....	300
4.33 Táblázat: Olvasztókemence fémkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartási üveg szektorban, a szelénnel szintelenített üveg kivételével.....	300
4.34 Táblázat: Olvasztókemence szelénkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartási üveg szektorban, amennyiben a szelénvegyületeket az üveg szintelenítésére használják.....	301
4.35 Táblázat: Olvasztókemence ólomkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartásiüveg szektorban, amennyiben az ólomvegyületeket ólomkristály üveg gyártására használják.....	302
4.36 Táblázat: Porképződéssel járó további folyamatokból a levegőbe történő kibocsátásokra vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartásiüveg szektorban, ha e kibocsátásokat külön kezelik	302
4.37 Táblázat: Savpolírozási folyamatok HF kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartásiüveg szektorban, ha e kibocsátásokat külön kezelik.....	303
4.38 Táblázat: Olvasztókemence porkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a speciális üveg szektorban	303
4.39 Táblázat: Olvasztókemence NO _x -kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a speciális üveg szektorban	305
4.40 Táblázat: Olvasztókemence NO _x kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a speciális üveg szektorban, amennyiben a keverék-összetétel nitrátokat tartalmaz.....	306
4.41 Táblázat: Táblázat: Olvasztó kemence SO _x kibocsátásra vonatkozó BAT-AEL értékek a speciális üveg szektorban	307
4.42 Táblázat: Olvasztókemence HCl és HF kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a speciális üveg szektorban	308
4.43 Táblázat: Olvasztókemence fémkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a speciális üveg szektorban.....	308
4.44 Táblázat: További folyamatok por és fémkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a speciális üveg szektorban, ha e kibocsátásokat külön kezelik	309
4.45 Táblázat: Savpolírozási folyamatok HF kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a speciális üveg szektorban, ha e kibocsátásokat külön kezelik	309
4.46 Táblázat: Olvasztókemence porkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek az ásványgyapot szektorban.....	310

4.47 Táblázat: Olvasztókemence NO _x -kibocsátásra vonatkozó BAT-AEL értékek az ásványgyapot szektorban.....	312
4.48 Táblázat: Olvasztókemence NO _x kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek az üveggyapot gyártásban, amennyiben a keverék összetétel nitrátokat tartalmaz .	313
4.49 Táblázat: Olvasztókemence SO _x kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek az ásványgyapot szektorban.....	314
4.50 Táblázat: Olvasztókemence HCl és HF kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek az ásványgyapot szektorban.....	315
4.51 Táblázat: Olvasztókemence H ₂ S kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a közetgyapot gyártásban	315
4.52 Táblázat: Olvasztókemence fémkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek az ásványgyapot szektorban.....	316
4.53 Táblázat: További folyamatokból a levegőbe történő kibocsátásokra vonatkozó BAT-AEL értékek az ásványgyapot szektorban, ha e kibocsátásokat külön kezelik...	318

ÁBRAJEGYZÉK:

1.1 Ábra: Üvegágazat éves termelése, belföldi és export értékesítése	23
1.2 Ábra: Üvegipari szakágazatok termelése	23
1.3 Ábra: Üvegszektorok éves termelése olvadt üvegben és gyártott termék mennyiségben 2007-ben	24
1.4 Ábra: Üvegszektorok éves termelése olvadt üvegben 2007-2011-ben	24
2.1 Ábra: Kereszttüzelésű regeneratív kemence	48
2.2 Ábra: Egy regeneratív kemence keresztmetszete	49
2.3 Ábra: Egy-járatú U-lángú regeneratív kemence	50
2.4 Ábra: U-lángú regeneratív kemence alaprajza	50
2.5 Ábra: Oxy-tüzelőanyag kemence	52
2.6 Ábra: Elektromos kemence	53
2.7 Ábra: Prés-fúvó formázás, illetve fúvó-fúvó formázás	58
2.8 Ábra: Float üveg eljárás	61
2.9 Ábra: Préselési eljárás az üveg árucikkek formázására	63
2.10 Ábra: Centrifugálási eljárás az üveg árucikkek formázására	63
2.11 Ábra: A Ribbon eljárás	66
2.12 Ábra: A Danner eljárás	67
2.13 Ábra: A Vello eljárás	68
2.14 Ábra: Egy jellemző üveggyapot üzem	70
2.15 Ábra: Jellemző üveggyapot technológiai vízrendszer	72
2.16 Ábra: Egy jellemző közetgyapot üzem	74
2.17 Ábra: Egy jellemző forró szeles kúpoló	75
3.1 Ábra: Elektrosztatikus porleválasztó	106
3.2 Ábra: Porkibocsátások eredményei (havi egyedi mérések) egy ESP-vel ellátott, Ca(OH)_2 anyagot használó száraz mosóval üzemelő olajtüzelésű float kemencén	110
3.3 Ábra: Olvadt üveg tonnára vonatkoztatott fajlagos költségek az olvasztási kihozatal függvényében, ha a float kemencék légszennyezés szabályozása száraz mosóval és szűrővel történik	113
3.4 Ábra: Zsákos (szövet) szűrő elrendezése	119
3.5 Ábra: Csomagoló üveg kemencék száraz mosókkal kombinált zsákos szűrőinek becsült fajlagos költségei, teljes szűrőpor elhelyezést és 25%-os SO_x eltávolítást feltételezve	125
3.6 Ábra: FENIX eljárás NO_x kibocsátásai	146
3.7 Ábra: Fajlagos olvasztási költség változások a hagyományos kemencéről oxigén tüzelésre való átállás után különböző üveggyártási alkalmazásoknál (csomagoló, float, folyamatos üvegrost és asztali áru)	159
3.8 Ábra: SCR-el felszerelt float kemence időbeni NO_x koncentráció változása	172
3.9 Ábra: Folyamatos fejlesztés a KIR modellben	261

1 ÁLTALÁNOS INFORMÁCIÓK

1.1 BEVEZETÉS

Az integrált szennyezés-megelőzésről és csökkentésről az Európai Parlament és a Tanács ipari kibocsátásokról szóló 2010/75/EU irányelve (Industrial Emissions Directive - IED) rendelkezik, mely irányelv az EU kiemelkedő fontosságú környezetvédelmi jogszabálya.

Az első IPPC¹ irányelv (az integrált szennyezés-megelőzésről és csökkentésről szóló 96/61/EK irányelv) Európa válasza volt arra a már korábban felmerült igényre, miszerint a környezetvédelmi szabályozásnak integráltan kell vizsgálnia egy folyamatnak a környezetre, mint egészre gyakorolt hatását. Azokra az ipari és más, ipari rendszerben folyó (pl. mezőgazdasági) tevékenységekre helyezte a hangsúlyt, ahol a legnagyobb a valószínűsége a környezet szennyezésének.

Az integrált megközelítés érvényre juttatását a jogszabály által előírt elérhető legjobb technika (Best Available Techniques, BAT) alkalmazása biztosítja, ami a gyakorlatban azt jelenti, hogy a folyamatok során a kibocsátásoknak már eleve a forrásnál történő csökkentésére és a természeti erőforrások hatékony felhasználására kell törekedni.

Az IPPC tehát szabályozza a kibocsátásokat, de ennél messzebb is megy, és foglalkozik energiahatékonysággal, a hulladékok keletkezésének minimalizálásával, a környezeti következményekkel járó balesetekkel és felhagyáskor a telephely környezeti állapotának helyreállításával. A szennyező hatást szélesebb körben vizsgálja, nemcsak egy egyedi technológiai folyamat vagy tevékenység, hanem az egész létesítmény környezetre gyakorolt hatása képezi a szabályozás tárgyát.

Az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás részletes szabályairól a környezeti hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII.25.) Korm. rendelet (a továbbiakban: 314/2005. Korm. rendelet) rendelkezik.

Az IED – és így a 314/2005. Korm. rendelet szerint is – az eddig ajánlásként használt BAT Referencia Dokumentumokban (BREF-ekben) szereplő BAT-következtetések jogi érvényűek. A BAT-következtetések végleges változatát az IED 75. cikkében meghatározott szakértői bizottság szavazással fogadja el. Az elfogadott dokumentumokat az Európai Bizottság megjelenteti az összes tagállami nyelven az EU Hivatalos Lapjában.

A BAT pontos meghatározása a környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény (a továbbiakban: Kvt.) 4. § 28. pontjában található. A BAT összefoglalva a következőket jelenti: mindazon technikákat, beleértve a technológiát, a tervezést, karbantartást, üzemeltetést és felszámolást, amelyek elfogadható műszaki és gazdasági feltételek mellett gyakorlatban alkalmazhatóak, és a leghatékonyabbak a környezet egészének magas szintű védelme szempontjából.

Fontos megjegyezni, hogy egy adott létesítmény esetében a BAT nem szükségszerűen az alkalmazható legkorszerűbb, hanem gazdaságossági szempontból legésszerűbb, de ugyanakkor a környezet védelmét megfelelő szinten biztosító technikákat/technológiákat

¹ IPPC: Integrated Pollution Prevention and Control (Integrált szennyezés-megelőzés és -csökkentés)

jelenti. A meghatározás figyelembe veszi, hogy a környezet védelme érdekében tett intézkedések költségei ne legyenek irreálisan magasak. Ennek megfelelően a BAT ugyanazon ágazat létesítményeire például javasolhat többféle technikát a szennyező-anyag kibocsátás mérséklésére, amely ugyanakkor az adott berendezés esetében az elérhető legjobb módszer. Amennyiben azonban a BAT alkalmazása nem elégséges a környezetvédelmi célállapot és a szennyezettségi határértékek betartásához, és emiatt a nemzeti vagy a nemzetközi környezetvédelmi előírások sérülnének, a BAT-nál szigorúbb intézkedések is megkövetelhetők.

A hatóság egy konkrét technológia alkalmazását nem írhatja elő, a környezethasználónak kell (az engedélykérelmi dokumentációban) bemutatnia és igazolnia, hogy az általa alkalmazott technika, technológia hogyan viszonyul a BAT követelményekhez.

A 314/2005. Korm. rendelet 9. melléklete tartalmazza azokat a feltételeket, melyek alapján az engedélyező hatóság és az engedélyes (a környezethasználó) egyaránt meg tudják határozni, hogy mi tekinthető BAT-nak.

Az elérhető legjobb technikák meghatározásához az engedélyt igénylők és az engedélyező hatóság számára a Minisztérium által elkészített iparági útmutatók és az angol nyelven elérhető BAT Referencia Dokumentumok (BREF) állnak rendelkezésre.

A BREF-ek az iparág környezetvédelmi teljesítményét bemutató különböző hiteles adatok alapján, valamint a legújabb megoldások ipari méretű alkalmazásait bemutató/leíró információkból tevődnek össze. A BREF dokumentumokat az Európai Bizottság sevillai Európai IPPC Irodája publikálja, melyekből jelenleg 35 áll rendelkezésre.

A BREF-ek hazai viszonyokra vetített adaptációi az elkészült BAT útmutatók. Ezek az útmutatók a BAT meghatározásához adnak olyan információkat, melyek egyaránt segítséget nyújtanak az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás lefolytatásához, valamint az engedélyben meghatározott követelmények megfogalmazásához. Az útmutató célja egyben az is, hogy szakmai segítséget nyújtson az engedélyt kérelmezők részére az engedélykérelmi dokumentáció összeállításában, valamint az engedélyező hatóság munkatársai részére az engedélykérelem elbírálásához.

Az útmutató adatokat közöl az adott ágazat jelentőségéről, jellemzőiről és (adott esetben) főbb gazdasági jelzőszámairól. Bemutatja a Magyarországon alkalmazott és az EU által kiadott BAT Referencia Dokumentumban (BREF) közölt technológiákat és az ágazatban alkalmazott folyamatokat jellemző, főbb szennyező forrásokat és szennyező komponenseket. A BAT színvonal eléréséhez szükséges követelményeket fogalmaz meg a technológia egyes szakaszaira, és javaslatokat tesz az előírásoknak való megfelelés érdekében szükséges intézkedésekre. Az útmutató információt nyújt a környezetvédelmi vezetési rendszerekkel kapcsolatban és egyes szakterületi jogszabályi előírásokról is, melyek meghatározzák a (betartandó) kibocsátási határértékeket, amelyek egyben az egységes környezethasználati engedély megszerzéséhez elengedhetetlen minimum környezetvédelmi követelmények.

Az üvegyártásról szóló BAT referenciadokumentum (BREF) felülvizsgálata 2011-ben zárult le.

2011 novemberében elsőként fogadta el a szakértői bizottság az Üvegyártásról szóló BAT-következtetést, amely 2012. február 28-án megjelent a Hivatalos Lapban 2012/134/EU számú határozatként.

A határozatként megjelent BAT következtetések minden tagállam számára közvetlenül hatályosak, átültetést nem igényelnek.

A 4. fejezetben az üveggyártásra vonatkozó BAT-következtetések a 2012/134/EU számú határozat teljes verzióját tartalmazza.

1.2 A BAT ALKALMAZÁSA IPPC LÉTESÍTMÉNYEK ESETÉN

Új üzemek esetén, a BAT meghatározásakor, az ebben az útmutatóban ismertetett technológiák/technikák figyelembe vételével kell a legmegfelelőbbet kiválasztani vagy az itt leírtaknál korszerűbbet, ha ilyen az útmutató megjelenése után rendelkezésre áll. A korszerű technológiákkal/technikákkal kapcsolatban további információk kaphatók az Európai IPPC Iroda (<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>), valamint a Földművelésügyi Minisztérium honlapján (<http://www.ippc.kormany.hu>).

Meglévő létesítmények esetén az engedélyben foglalt követelményeket és előírásokat az Európai Bizottság adott tevékenységre vonatkozó elérhető legjobb technika-következtetésekről szóló határozatának kihirdetésétől számított négy éven belül a Kvt.-nek a környezetvédelmi felülvizsgálatra vonatkozó szabályai szerint – az 314/2005. Korm. rendeletben foglaltakra is figyelemmel – felül kell vizsgálni.

A 314/2005. Korm. rendelet bizonyos esetekben előírja az engedélyek felülvizsgálatát. Az engedélyező hatóság köteles az engedélyben foglalt követelményeket és előírásokat az Európai Bizottság adott tevékenységre vonatkozó BAT-következtetésekről szóló határozatának kihirdetésétől számított négy éven belül, de legalább 5 évente felülvizsgálni, valamint akkor is, ha:

- a kibocsátások mennyiségi vagy minőségi változása miatt új kibocsátási határértékek megállapítása szükséges, vagy az egységes környezethasználati engedélyhez képest jelentős változás történt, vagy a környezethasználó jelentős változtatást kíván végrehajtani;
- az elérhető legjobb technika használata nem biztosítja tovább a környezet célállapota által megkövetelt valamely igénybevételi vagy szennyezettségi határérték betartását;
- a környezetvédelmi szempontból biztonságos működés új technika alkalmazását igényli;
- ha a létesítmény olyan jelentős környezetterhelést okoz, hogy az a korábbi engedélyben rögzített határértékek felülvizsgálatát indokolja.

1.3 AZ ENGEDÉLYKÉRELEM

Az egységes környezethasználati engedély iránti kérelem tartalmi követelményeit a 314/2005. Korm. rendelet 8. melléklete tartalmazza. A kérelmezőnek adatokat kell adnia a telephelyéről, valamint a tevékenységéről, a javasolt fejlesztésekről, az ott folyó tevékenység irányításának és ellenőrzésének módszeréről, valamint a környezetre gyakorolt hatásokról.

A felsorolt adatok, valamint a környezeti hatások modellezése (kivéve, ha ez már a hatástanulmányban megfelelően bemutatásra került) és a BAT-nak való megfelelés bemutatása, illetve a BAT követelményeitől való eltérés indoklása az engedélykérelem technikai részének alapját képezik.

Amennyiben a tervezett tevékenység a 314/2005. Korm. rendelet 1. és a 2. számú mellékletben, illetve a 2. és 3. számú mellékletben egyaránt szerepel és a tevékenység várható környezeti hatásai jelentősek, akkor a felügyelőség a környezeti hatásvizsgálati és az egységes

környezethasználati engedélyezési eljárást a környezethasználó kérelmére – önálló engedélyezési eljárások lefolytatása helyett – összevontan folytatja le.”

1.4 AZ EGYSÉGES KÖRNYEZETHASZNÁLATI ENGEDÉLYEZÉSI ELJÁRÁS HATÁLYA ALÁ TARTOZÓ LÉTESÍTMÉNYEK

A 314/2005. Korm. rendelet definiálja a létesítmény fogalmát, az egységes környezethasználati engedélyhez kötött tevékenységek listáját pedig a 2. számú melléklet tartalmazza.

Jelen műszaki útmutató tárgyát képező üveggyártás tevékenységet a 314/2005. Korm. rendelet 2. számú mellékletének 3.3. és 3.4. pontja tartalmazza:

3.3. „Üveg gyártására szolgáló létesítmények, beleértve az üvegszálat is, 20 tonna/nap olvasztókapacitáson felül”

3.4. „Ásványi anyagok olvasztására szolgáló létesítmények, beleértve az ásványi szálak gyártását is, 20 tonna/nap olvasztókapacitáson felül”.

Az egyes tevékenységekhez megadott (termelési) küszöbértékek általában a termelési vagy a kibocsátási kapacitásokra vonatkoznak. Amennyiben egy üzemeltető több, azonos jellegű tevékenységet végez azonos létesítményben vagy azonos telephelyen, akkor ezen tevékenységek kapacitásának összegét kell figyelembe venni a küszöbértékkel történő összehasonlításnál.

Jelen műszaki útmutató tárgyát képező energiahatékonysági vonatkozások valamennyi, egységes környezethasználati engedélyhez kötött tevékenység esetében figyelembe veendők.

Az IPPC engedélyezési eljárás hatálya alá tartozó létesítmény funkciói magukban foglalják a fentiekben meghatározott fő tevékenységeket, valamint az ezekhez kapcsolódó egyéb tevékenységeket is. Ez utóbbiak műszaki szempontból kapcsolódnak a fő tevékenységekhez és hatással lehetnek a létesítmény szennyezőanyag kibocsátására.

Mindazonáltal a környezetre kifejtett hatások szélesebb körűek lehetnek, mint az adott telephelyen folytatott tevékenység hatásai. Az Útmutató és a Korm. rendelet egyaránt feladatokat fogalmaznak meg a létesítményen kívüli tevékenységekre is, mint pl. a hulladékok elhelyezésére, szennyvízkezelésre.

1.5 AZ ÁGAZAT BEMUTATÁSA / HAZAI HELYZETE

A magyar üvegművesség elsősorban a német hagyományokra épült. A XVI. században az ablaküveggyártás, valamint az egyszerűbb, díszítetlen használati üveggyártás (pl. tégely) volt jellemző. A XVII. századi földesúri hutákban már díszesebb használati, háztartási üvegműveket állítottak elő. A XVI-XVII. században fa, ón vagy ólom által összeillesztett, kerek vagy hatszögű üveglapokból készült ablakokat állítottak elő.

A XIX. században a nagyipar kialakulásával létrejönnek az üvegyipari nagyüzemek is. Kiemelkedő sikereket az 1862-es londoni, 1873-as bécsi és az 1900-as párizsi világkiállítások hoztak. A magyar gyárakból kikerült remekeket mindenhol érmekkel díjazták. Az 1880-as

években honosodik meg Magyarországon az üvegfestészet, melynek kiemelkedő alakja Róth Miksa, aki 1900-ban a párizsi világkiállításon ezüstérmet nyert.

A magyar üvegipar igazi fénykorát a XIX. század második felében élte. Először teremtette meg a fúvott kristályüveget, amely napjainkban is Magyarország egyik jelentős exportcikke. Az építőanyag ipar (nem-fém ásványi termékek gyártása) egyik legnagyobb szakágazata az üveg- és üvegtermékek gyártása, amely építőanyag ipari termelés 15-16%-át képviseli. A magyarországi üveggyártás termékszerkezete az elmúlt években jelentősen átalakult, a legnagyobb volument képviselő termékcsoporthoz ma a síküveg.

Magyarországon az üveggyártásra és feldolgozásra a magas technológiai színvonal a jellemző.

1.5.1 Csomagoló üveg

Magyarországon jelenleg az O-I Manufacturing Magyarország Kft. foglalkozik csomagoló üveg-gyártással, mely az Owens Illinois amerikai központú csoport tagja, egyike a világ vezető üveg csomagoló anyagot gyártó vállalatainak. 1963-ban a magyar üvegipar akkori legnagyobb gyáráként Orosházi Üveggyár néven épült, zöldmezős beruházásként, a közeli földgázmezőre települve. A beruházás 1965-ben fejeződött be. Négy öblös huta csomagoló üveget, egy huta hengerelt síküveget és egy huta húzott síküveget gyártott. Többszöri vállalati átalakulás, termékszerkezet váltás és privatizáció következtében a csomagoló üveg gyártó rész 1995 óta van az Owens – Illinois amerikai cég tulajdonában. A csomagoló üvegeket nagy sorozatban jelenleg egy kemencével, 5 gépsoron, kizárólag fehér színben, az alábbi választékban gyártják:

- széles szájú konzerves üvegek 115 ml-től 4250 ml-ig,
- szűk szájú palackok 0.2 l-től 1.75 l-ig

a konzerv-, az ásványvíz és üdítőital ipar valamint a bor- és szeszipar számára.

Az olvadákból a formázás automatizált szimpla és duplacsappes IS üveggyártó automatákkal történik.

A részletesebb eljárást lásd később, a 2.4 pontban.

A korszerűsítések ma már biztosítják az automatizált minden darabos termék vizsgálatot, az automata válogatást, a teljesen automatizált csomagolást az egységrakatok palettázásától a rakatok zsugorfóliázásáig.

1.5.2 Síküveg

1.5.2.1 Float üveg

A síküveg-gyártás jelenleg alkalmazott legmodernebb eljárása a float technológia, amelynél az olvadt üveget önfürdőn úsztatva vízszintes húzással történik az üvegszalag kialakítása.

A részletesebb eljárást lásd később, a 2.5.1 pontban.

Magyarországon az amerikai Guardian Industries cégcsoporthoz tartozó Guardian Orosháza Kft. gyárt úsztatott (float) síküveget. A Guardian Industries a világ első három síküveg gyártó vállalata között szerepel. A float üvegyár 1991-ben épült fel Orosházán az akkori orosházi üvegyár épületeinek, berendezéseinek egy részét felhasználva és átépítve. A cég 2004-ben bővítette gyártócsarnokát, a gyártósorát újjáépítve, modernizálva kapacitásnövelő beruházást hajtott végre, ma már naponta kb. 570 tonna float üveget gyárt. 2007-ben újabb fejlesztéssel a katódporlasztásos technológiával készülő bevonatos üvegyártást indították el. Ez a bevonat teszi lehetővé azt, hogy a hőszigetelő üvegszerkezet a legszigorúbb építészeti előírásoknak is meg tudjon felelni. A Guardian Orosháza Kft. termelésében a magyar piac részesedése mintegy 30%, a többi üveget külföldön értékesíti.

A float üveg magas fényáteresztő képességű, kiváló optikai tulajdonságokkal rendelkezik. Különböző vastagságban és méretben, akár több színben is elérhető. Végertermékként rendkívül széles körben használják az építészetben (vágva, csiszolva, fúrva, sav maratva, stb. és ajtónak, ablaknak, bútornak, üvegháznak, ...), de emellett alapanyaga számos további megoldásnak, mint például tükör, hőkezelt/edzett, hőszigetelt, ragasztott, biztonsági, hő és fényvisszaverő üvegek.

1.5.2.2 Hengerelt üveg

Hengerelt üveg gyártás a korábbi években volt Magyarországon, jelenleg azonban nincs. E dokumentumban, ezért nem tárgyaljuk a vonatkozó témákat.

1.5.3 Folyamatos üvegrost

Folyamatos üvegrost gyártás nem volt Magyarországon, és jelenleg sincs. E dokumentumban, ezért nem tárgyaljuk a vonatkozó témákat.

1.5.4 Háztartási üveg

(Asztali üvegárúk, kristály- és díszmű üvegyártás és egyéb háztartási üvegek)

Az asztali áruk (poharak, háztartási üvegárúk, világítási üvegárúk, kissorozatú speciális palackok) legjelentősebb hazai gyártója az R-Glass Hungary Kft. Az 1893-ban alapított salgótarjáni palackgyár 1992-től részvénytársaságként működött ST Glass Öblösüvegyártó és Forgalmazó Rt. néven, a gyárat 2006. októberében losonci érdekeltségű szlovák magánvállalkozók vásárolták meg az államtól. 2001-2002-ben két kemencét felújítottak, a meglévő két gépi és kézi kemencék összes kapacitása 80.8 t/nap, amelyből 2009. októberig kb. a felét üzemeltetették, a felszámolási eljárás, értékesítés során és napjainkban is az üvegolvasztás szünetel. A gyárban a kézi és gépi gyártású üvegárúk széles skáláját állítják elő. Termékei hagyományos, kézi eljárással készülő poharak, kelyhek, vázák, tálak, palackok, gépi fúvott eljárással készülő poharak, kelyhek gépi préselt eljárással készülő poharak, mécses- és illatosító tartók, fagylaltkelyhek, hamutartók kézi, gépi és félautomata eljárással készülő világítási áruk, melyek az USA, a francia, az olasz, a cseh, a német és a japán piacokra kerülnek.

A kristályüvegek nagyjából egyedi jellegű, kissorozatú, lényegében kézi megmunkálású termékek, minimum 24% ólomoxidot tartalmazó ólomkristályok, és 10% feletti káliumoxidot tartalmazó kristályüvegek. Az erős forint miatt az export piacon az utóbbi években folyamatosan csökkent az értékesítés, ma már a gyengébb forint ugyan kedvezőbb helyzetet

teremt, de a piaci kereslet csökkenése, továbbá a költséges manufaktúrális munkaműveletek (fűvás, csiszolás, festés, stb) az árban a ráfordítás arányában nehezen érvényesíthetők. A háztartási üvegyártásban mindezek következtében jelenleg is tart a termelés és a létszámcsökkenés. A parádi üvegyárat 2005-ben, több üvegyárat pedig már korábban bezártak.

Ma már csak az 1878-79-ben indult Ajka Kristály Kft. gyárt Magyarországon kristályüveget. Termékei az ólomkristály és káli-kristály üvegből kézi technológiával gyártott egyedi kisszériás, magas művészi értéket képviselő, igényes kivitelű díszmű-üvegek, poharak, kelyhek, italtárolók. Termelés nagy részét, közel 90%-át exportra gyártják. Főbb exportpiacai: USA, Németország, Ausztria, Olaszország, Franciaország, Svájc, Nagy-Britannia de keresett az ajkai üveg Japánban és Dél-Kelet Ázsiában is.

Az 1990-es privatizáció során a cég a FOTEX cégcsoport tagja lett. 1990 után jelentős mértékű műszaki fejlesztés történt, megteremtették a feltételeit a környezetbarát és minőségi üveget biztosító elektromos üvegolvasztásnak, a színekombinált termékek gyártásának, valamint a kézi üvegfestésnek. A káliüveg olvasztására 3 gáztüzelésű és 1 elektromos kemence, az ólomüveg olvasztására 3 elektromos kemence, a színes üveg olvasztására 2 db mobil fazekas kemence áll rendelkezésre. Jelenleg rendelkezésre álló kapacitásnak csak a töredékét használják, káliüveget csak az elektromos kemencében olvasztanak, illetve egy ólomkemencében folyik a termelés. Ajkacsingerben van a II.sz. telephely káli-kristály üvegyártására, ahol jelenleg nincs termelés.

Több, mint öt és fél éve, a Hungarian Top Table Kft. néven Halimbán működik a Zwiesel (német) vállalat leányvállalata. Száz fő feletti alkalmazottat foglalkoztatnak az asztali üvegáru gyártási tevékenységben. Termékeik speciális, mosogatógép álló üvegből készülnek. Az üveg olvasztó kemence 20 t/nap kapacitás alatt van.

A részletesebb eljárásokat lásd később, a 2.6 pontban.

A gyógyszeripar részére szolgáló csomagoló üveget (üvegcsét) és injekciókhoz szükséges ampullát a német és svájci tulajdonban lévő Forma Vitrum Kft. gyárt Lukácsházán, üvegcsövekből, gyár területén nincs üvegolvasztás. A díszmű üvegeknek az üvegtechnikai termékek (dísztárgyak, karácsonyfadíszek, egyedi palackok stb.) gyártása főleg kézimunkával történik, kisüzemi méretekben történik. Ezek az üzemek nem tartoznak az egységes környezethasználati engedélyezés alá.

1.5.5 Speciális üveg

Magyarországon fényforrásgyártással a GE Hungary Zrt. és a Lighttech Lámpatechnológiai Kft. foglalkozik:

- GE Hungary Zrt.

A fényforrásgyártás egyik fontos eleme az üvegyártás, mivel a több száz termék nélkülözhetetlen alkatrészeinek alapanyaga az üveg, csak úgy mint a lámpatest, lámpabúra illetve az állvány, mely a lámpa működéséhez szükséges fémalkatrészeket hordozza. GE Hungary Zrt. jogelődje a Tungstam Egger Béla telefon- és távíró berendezéseket gyártó vállalata 1896-ban alakult át Budapesten, és tevékenységét – kiegészítve a szénszálas izzólámpák gyártásával – Egyesült Villamossági Rt. néven folytatta tovább. Ezt a dátumot

tekintjük a Tungsram alapítási évének. A Tungsram néhány év múlva Just Sándor és Hanaman Ferenc találmánya alapján – elsőként a világon – hozzálátott a sokkal nagyobb fényhasznosítású és hosszabb élettartamú wolfrámszálas izzólámpák gyártásához is.

A General Electric Company 1989 végén vásárolta meg a gyár 51%-ának tulajdonjogát, majd 1993 végére a gyár részvényei és a terület is teljes mértékben a tulajdonába került. A General Electric tulajdonszerzését követően a vállalat működése megváltozott. A törzstelepen (Budapest Váci út) a vállalat irányítása és a lámpagyártás lett a fő tevékenység. Ezzel együtt a gyártott termékek köre bővült, szinte két évente újabb és újabb típusú lámpák gyártása kezdődött meg.

Jelenleg fényforrások széles skáláját gyártják a különböző gyárakban: hagyományos izzó, autólámpák, fénycsőek, reflektorok, kisülő lámpák, kompakt fénycsőek, fémhalogén lámpák, nátrium lámpák.

Az első üvegyár épületét 1930-ban építették Budapesten, azóta folyik benne vákuumtechnikai üvegalkatrészek gyártása. Az Üvegyárban az 1960-as évek idején egyidejűleg öt, különböző típusú üveget olvasztó kemence működött, ami jelentős terhelést jelentett a környezetre, ezért a vállalat vezetése a normállámpa ballon tömeggyártását Nagykanizsára, az ólomüvegcső- és fénycsőbúra-húzást pedig Vácra, a fejüveg-gyártást Zalaegerszegre telepítette, így az időközben sűrűn belakott környéket terhelő szennyezőanyag-kibocsátás csökkent.

A részletesebb eljárásokat lásd később, a 2.7 pontban.

Az üveg funkciója a lámpában:

- fényáteresztés/fényszűrés
- vákuumzáró kötés üvegalkatrészek, fém bevezetők között
- elektromos szigetelés fém bevezetőknél
- formázhatóság a gyártási folyamatokban
- hőállóság/hőlekésállóság
- megfelelő szilárdság
- jó kémiai ellenállóképesség, időjárás-állóság

Gyártott üvegtípusok:

- boroszilikát keményüveg (Budapest): különböző lámpaburák alapanyagául szolgál
- mészmagnézia (alkáli-földalkáli) üveg (Nagykanizsa): vékonyfalú üvegtermék, főleg lámpabúra (ballon) előállításához
- magnézia üvegcső (Vác), amely a lámpa testet alkotja, ill. annak méreteit és megjelenését meghatározza
- ólommentes üvegcsőből (Vác) készített ún. állvány, amely a lámpatest két végéhez forrasztva lezárja a csövet, és biztosítja a szivattyúzáshoz szükséges segédszerkezeteket, illetve egyes kompakt fénycsövek külső búrája
- vitrit üveg: lámpafejek gyártásához szükséges szigetelőüveg

Jelenleg az erősödő piaci verseny és az egyre csökkenő kereslet következményeként az üvegyártó kapacitások csak részben kerülnek kihasználásra, továbbá a 2009. áprilisában a Váci ólommentes üvegcső gyártást ideiglenesen leállították, majd 2011 végére a gyár valamennyi berendezését lebontották. További nehézséget okoz a hagyományos izzólámpa gyártás fokozatos betiltása.

- Lighttech Lámpatechnológia Kft.

A vállalat tulajdonosa egy magyar származású úr, aki 19 évesen az USA-ba ment, ott részt vett a lámpagyártásban, majd Magyarországon létrehozta a saját lámpagyárát. 1992-ben, zöldmezős beruházással Dunakeszin épült fel a gyár. A szolárium és germicid lámpákhoz gyártanak peremezett vagy peremezetlen üvegcsövet két kemencével. A kemencék összes kapacitása 30 t/nap, az üvegcső gyártás Vello vagy Danner technológiával történik. A feszültségtelenített csövek kb. 1%-a további feldolgozásra „csavarásra” kerül. Az üvegburákat minősítés és csomagolás után a Kft. szomszédos, telephelyére szállítják további feldolgozásra, szerelésre. Termékeit a hazai piac mellett Európában, Amerikában és Ázsiában értékesítik. A germicid lámpákat az ipar víztisztításra, szennyvíztisztításra, illetve a mikroelektronikai ipar levegőtisztításra használja. A szolárium lámpák felhasználása kozmetikai célú.

A részletesebb eljárást lásd később, a 2.7 pontban.

1.5.6 Ásványgyapot

1.5.6.1 Üvegyapot

Az országban üvegyapotgyártással az URSA Salgótarjáni Üvegyapot Rt. foglalkozott.

A részletesebb eljárást lásd később, a 2.8.1 pontban.

A gyár 1987-ben az első japán-magyar vegyes-vállalatként alakult meg, üvegyapot szigetelőanyag gyártására, Salgótarjáni Üvegyapot Részvénytársaság néven. A termelés 1989-ben indult, két gyártósoron, az egyiken filc- és laptermékeket, a másikon csőhéj termékeket gyártottak. 2003-tól a cég 100%-ban a spanyol URALITA SA konszern tulajdonába került. A gyár történetét a működési időszak alatt a folyamatos műszaki fejlesztés és a kapacitások bővítése jellemezte, kapacitása - a létszám változatlanul tartása mellett - háromszorosára nőtt a megalakulása óta. A minőségre jellemző üvegszál átmérő pedig 25%-kal javult ezen időszak alatt. A kemencét többször is átépítették, az 1999-ben bevezetett, már akkor is korszerű oxigén-tüzelést tovább fejlesztették 2007-2008-ban, illetve elektrosztatikus porleválasztót telepítettek a kemence porkibocsátás csökkentésére.

Az URSA márkanéven forgalmazott főbb termékek:

- építészeti hőszigetelő termékek (tetőterek, padlók, homlokzatok),
- akusztikai szigetelések (válaszfalak, hangelnyelő és csillapító termékek),
- épületgépészeti és műszaki szigetelések (csőháj, lamella, műszaki filcek és lapok).

Az anyacég döntése alapján, a gyárban 2009. áprilisában megszűnt a termelés, az üvegolvasztó kemencét lebontották.

1.5.6.2 Kőzetgyapot

A Rockwool Hungary Kft. tapolcai gyára állít elő kőzetgyapotot, bazalt ásvány kupoló kemencében történő olvasztásával és az olvadt ásvány könnyű, szálás szerkezetű magas hatékonyságú hőszigetelő építőanyaggá történő alakításával.

A részletesebb eljárást lásd később, a 2.8.2 pontban.

A társaság a világelső kőzetgyapot gyártó konszernjének, a dán központú Rockwool International A/S-nek a tulajdona. Magyarországon 1994 végétől van jelen a konszern, 1997-ben megvette a gógánfai, majd 2003. decemberében a tapolcai kőzetgyapot gyárat. A gógánfai gyárban 2008. év végén leállították a termelést. A tapolcai gyárat 2005. évben korszerűsítették, az előállított kőzetgyapot termékek minősége javult és a termelési kapacitás jelentősen bővült. A gyapotot kis és nagy formátumú, lemez, vagy blokkok formájában szedik le a gépsorról, a kis formátumú termékeket zsugorfóliás csomagolásba, a nagy formátumú termékeket raklapon, sztreccselő gépen csomagolják. A termék kiváló hő és hangszigetelő, nem éghető, a tűzterjedést megakadályozza.

1.5.7 Magas hőmérsékletű szigetelő gyapot

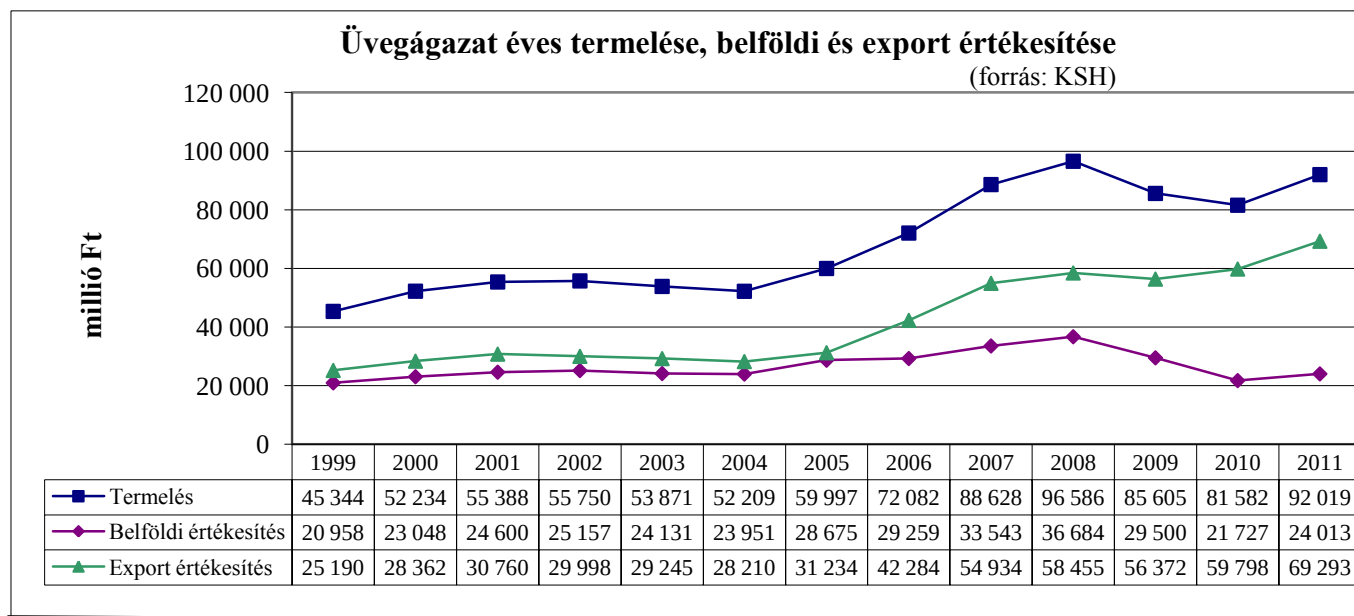
Magas hőmérsékletű szigetelő gyapot gyártás nem volt Magyarországon, és jelenleg sincs. E dokumentumban, ezért nem tárgyaljuk a vonatkozó témákat.

1.5.8 Fritt

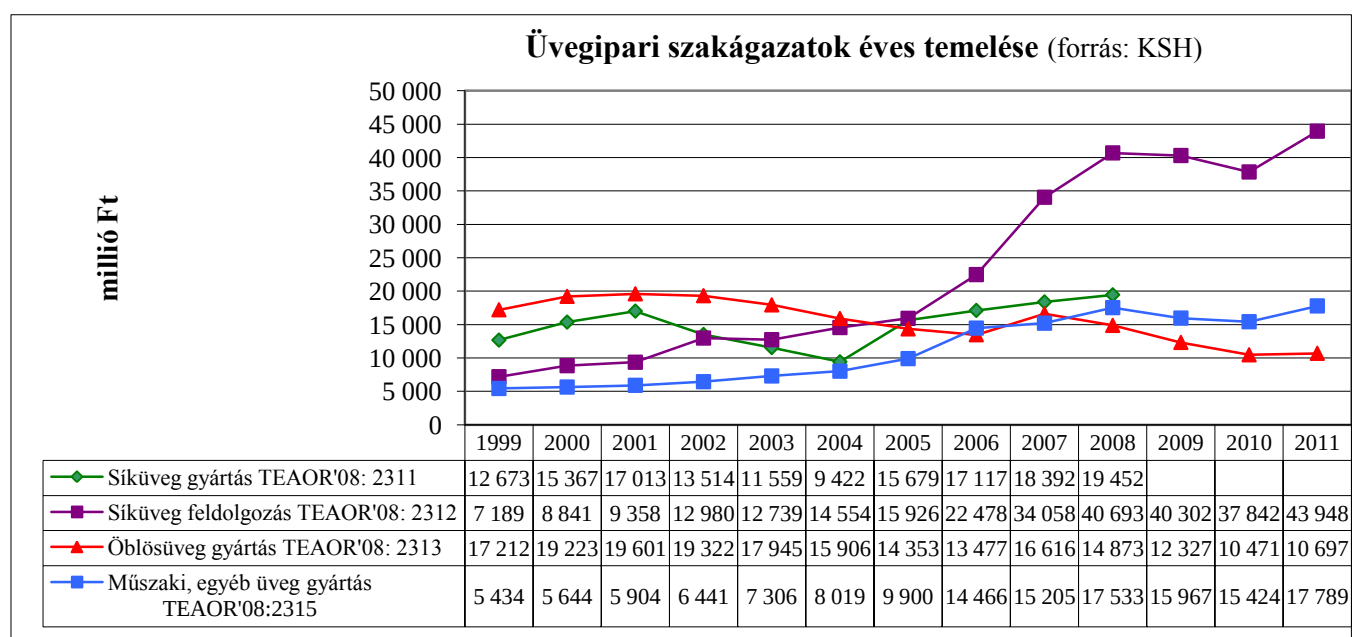
Fritt gyártás a korábbi években volt Magyarországon, jelenleg azonban nincs. E dokumentumban, ezért nem tárgyaljuk a vonatkozó témákat.

1.5.9 Ágazati termelési mutatók

Az üvegágazat KSH adatállományban elérhető termelésének és értékesítésének, valamint a szakágazatok termelési adatainak alakulását az 1999-2011 közötti időszakra az alábbi, 1.1 és 1.2 Ábrák mutatják:

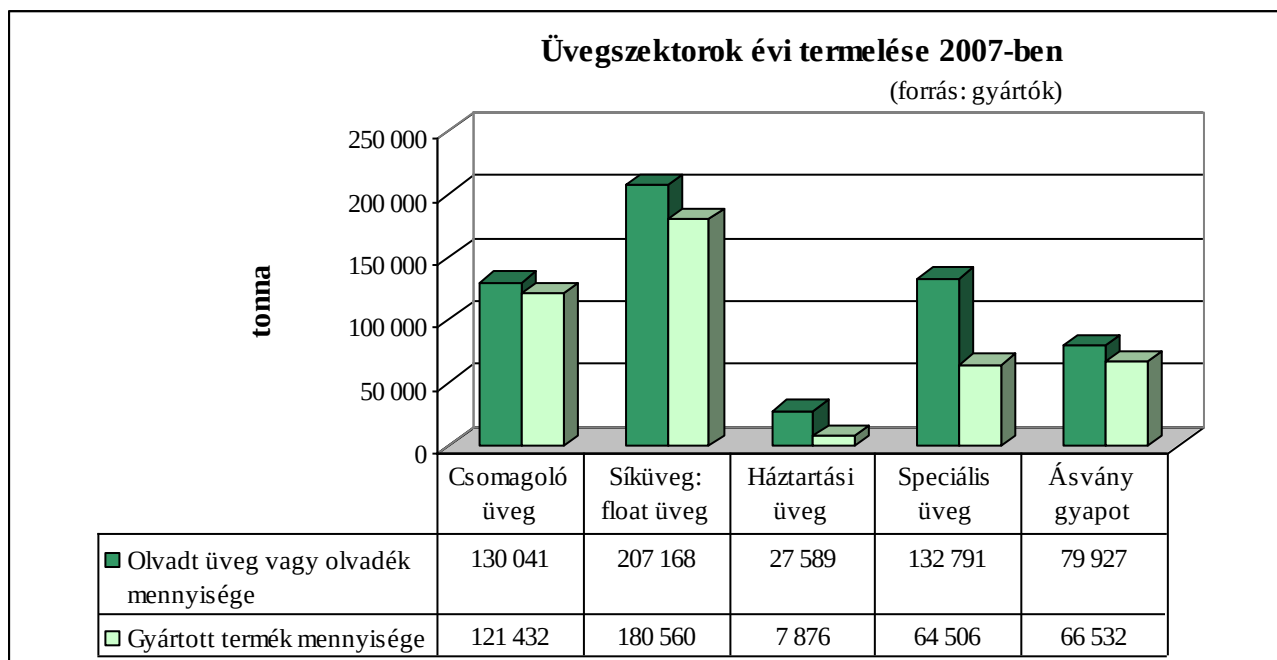


1.1 Ábra: Üvegágazat éves termelése, belföldi és export értékesítése

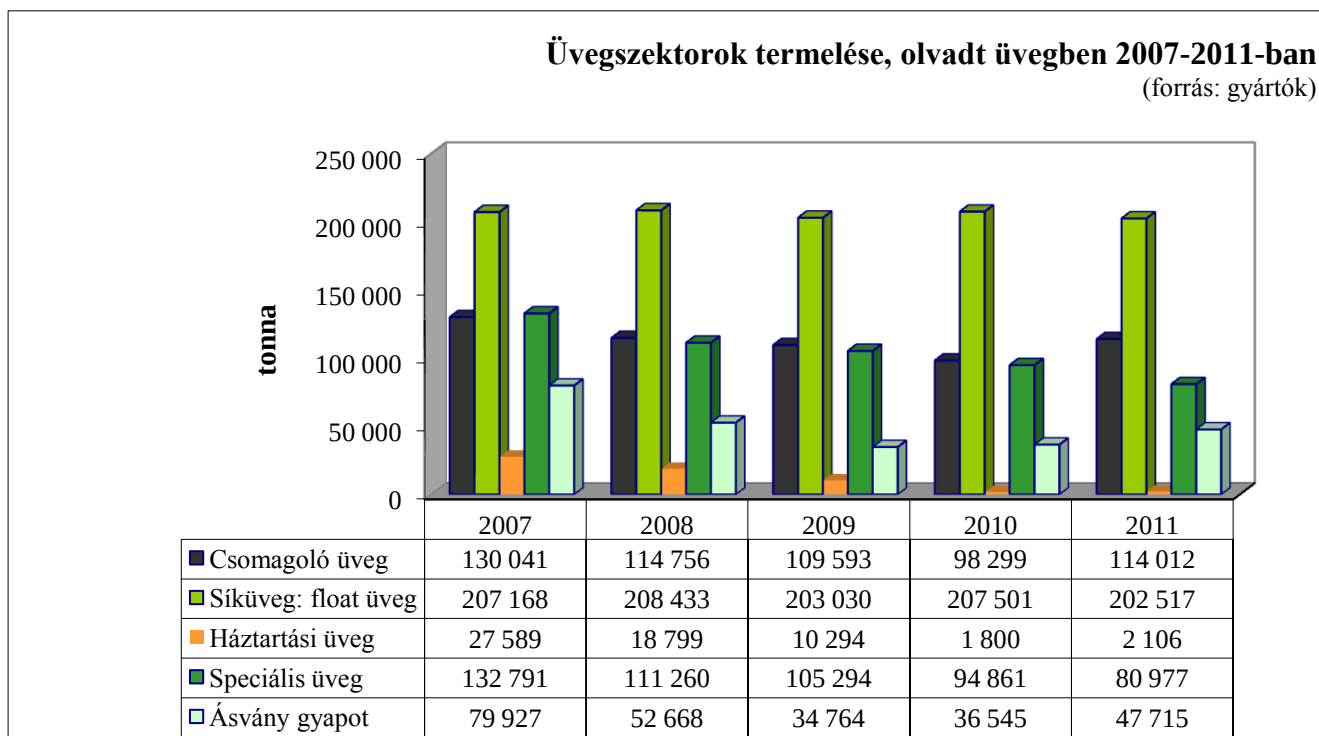


1.2 Ábra: Üvegipari szakágazatok termelése

A termelés mennyiségét az egyes gyárak adatszolgáltatása alapján az 1.3 és 1.4 Ábrák mutatják tonna olvadt üvegben vagy olvadékban, illetve a gyártott termék mennyiségében kifejezve:



1.3 Ábra: Üvegszektorok éves termelése olvadt üvegben és gyártott termék mennyiségben 2007-ben



1.4 Ábra: Üvegszektorok éves termelése olvadt üvegben 2007-2011-ben

1.5.10 Szakmai szervezetek

Szilikátipari Tudományos Egyesület (SZTE), Üveg Szakosztály, honlap: www.szte.org.hu
Magyar Üvegipari Szövetség (MÜSZ), honlap: www.uvegszovetseg.hu

1.6 AZ ÁGAZAT FŐBB KÖRNYEZETI HATÁSAI

1.6.1 Az üveggyártás alapanyagai, alapanyag kezelés, keverékkészítés környezeti hatásai

Az üvegipart a sokféle nyersanyag, fűtőanyag, valamint a termékek igen nagy választéka jellemzi. A nyersanyagok többsége természetes vagy tisztított ásvány, kisebb részben vegyipari termék, de szinte kizárólag por alakú anyag. Az anyagok minőségétől, mennyiségétől függően ömlesztett vagy zsákolt (25 kg-os papírzsák, 1 tonnás big-bag) kiszerezésben szerzik be a gyárak. A kiszerezéstől és a mennyiségtől függően az anyagokat nyitott vagy zárt vasúti, vagy közúti teherautón vagy tartálykocsiban szállítják. Az üveggyárakban a tárolás és az adagolás széles skálája fordul elő az anyagok mennyiségétől, minőségétől, helyi sajátosságoktól függően. Az ásványi anyagok egy részét nedvesen (pl. homok, dolomit), másik részét szárazon szállítják, tárolják, adagolják. A nagyobb mennyiségű anyagokat silókban tárolják, a tartálykocsiban érkező száraz anyagokat pneumatikus lefejtéssel juttatva a zárt tároló silóba.

Az üveggyárakban ma már nem szárítják a nedvesen érkező homokot, dolomitot, hanem nedvesség korrekciót alkalmazva adagolják a keverékbe, ezzel is csökkentve a kiporzást és az energia felhasználást.

Az üvegipari alapanyagok a bennük lévő oxidok, illetve az üvegolvadékban betöltött szerepük alapján csoportosíthatók (bővebben lásd a 2.1 Táblázatot):

- üvegeképző anyagok: kvarchomok, saját és idegen üvegcserép
- módosító anyagok (olyan anyagok, amelyek módosítják a SiO_2 tetraédes szabálytalan hálózatot, meggyorsítják az olvasztást, elősegítik a tisztulást): szóda, dolomit, mészkő, hamuszír, bórtartalmú anyagok, ólom-oxid, nátrium-szulfát, bazalt, kohósalak, földpát, stb.
- színező/színtelenítő szerek: vas-kromit, vas-oxid, kobalt-oxid, stb.

Az üveg kémiai összetétele igen változatos: a termékkel szemben támasztott követelmények, az olvasztási eljárás és az alkalmazott fűtőanyag függvénye. A receptúra szerint bemért anyagokat keverő berendezés keveri össze, ezt a keveréket szállítják az olvasztókemencéhez, és megfelelő adagológép juttatja be azt a kemencébe. A nyersanyagok (poranyagok) tárolása, szállítása, bemérése, a keverék szállítása és a kemencébe történő beadagolása porképződéssel jár. A formázás során keletkező üveghulladékot összegyűjtik, törlik és visszajuttatják a keverőbe. A berendezések nagy része ma már zárt, porelszívással és szűréssel működik. Az alapanyagokból, beleértve a cserépkezelésből adódó por kibocsátást is a 2008 évi adatok alapján, az alkalmazott kibocsátás csökkentési technikákat szektorok szerint az 1.1 Táblázat mutatja.

Üvegszektor	Szilárd anyag (nem toxikus)		Alkalmazott csökkentési technikák	
	Másodlagos csökkentéssel			
	Anyagtól, elszívás módjától függő, pontforrásonként eltérő	Összes pontforrás együttesen	Elsődleges	Másodlagos
	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg		
Csomagoló üveg	0-70	0.0015	nem aprózódó alapanyagok, zárt rendszerek, nedves homok használata, keveréknedvesítés	zsákos szűrők használata, újra felhasználás
Síküveg: float üveg	0-70	0.0004	nem aprózódó alapanyagok, zárt rendszerek, nedves homok és dolomit használata, nátronlúg adagolás, keveréknedvesítés	zsákos szűrők használata, újra felhasználás
Háztartási üveg	0-120	0-0.055	nem aprózódó alapanyagok, zárt rendszerek, keveréknedvesítés	leválasztó ciklonok, zsákos szűrők használata, újra felhasználás
Speciális üveg	0-100	0.006-0.12	nem aprózódó alapanyagok, zárt rendszerek, keveréknedvesítés	zsákos szűrők használata, újra felhasználás
Ásványgyapot: üveggyapot, kőzetgyapot	-	-	zárt rendszerek, nedves anyagok használata, keveréknedvesítés	zsákos szűrők használata, újra felhasználás

1.1 Táblázat: Anyagkezelésből eredő levegő szennyezés mértéke a 2008 évi kibocsátások alapján

Az üvegcserep az üvegyipar egyik fontos nyersanyaga. Az üveg az egyetlen anyag, melyet ember állít elő, és mégis "bölcsőtől-bölcsőig" újrahasznosítást tesz lehetővé, vagyis minőségvesztés nélkül végtelenül újrahasznosítható. Megkülönböztetünk **saját** cserepet, amely a termelési folyamatban keletkezik és **idegen** cserepet, amelyet különféle, gyáron kívüli arra specializálódott, begyűjtő, feldolgozó és hasznosító szervezetek gyűjtenek össze. Az üvegcserep felhasználásának számos előnye van, amellet, hogy meggyorsítja az olvasztás folyamatát, fokozza a gyártás gazdaságosságát (energiatakarékosság, ásványi alapanyagigény és CO₂ kibocsátás csökkenés). A begyűjtött üveghulladék, elvben, teljes mértékben felhasználható az üveggyártásban, gyakorlatban pedig nagyon fontos minőségi követelményeknek kell teljesülni ahhoz, hogy valamelyik üveggyárban, technológiai alapanyagaként felhasználható legyen.

Az üveggyárak a saját gyártási hulladékuk, saját cserepük mellett csak olyan összetételű idegen cserepet (üveghulladékot) tudnak felhasználni, amelyben az alkotó oxidok minősége, mennyisége a sajátjukhoz hasonló, amelynek az eltérései a keverékreceptekben az alapanyagok megfelelő kombinációjával korrigálható. Az üveg színe is az üvegalkotó oxidok

menyiségétől függ. A színező oxidok (vasoxidok: FeO , Fe_2O_3 , sárgától a zöldön keresztül a barnáig színez, mennyiségtől, oxidációs állapottól függően; szelénvegyületek, mangán-oxid, kobalt-oxid, réz-oxid, króm-oxid, ...) jelenléte az egyik alapkérdés a felhasználhatóság szempontjából. A szintelen üvegekhez csak a szintelen, más néven fehérüveg vagy flintüveg használható fel.

Az 1.2 Táblázat bemutatja, hogy az ágazat összesen és szakágazatonként milyen mennyiségű idegen üveghulladékot hasznosít a saját cserép mellett. A táblázatban szereplő idegen üvegcserep (üveghulladék) fehér üveg, tekintettel arra, hogy ma Magyarországon nincs zöldüveg-gyártás, így a színes (zöld, barna) üvegcserepnek anyagában történő üvegipari hasznosítására sincs lehetőség.

Az üveggyártás gyártási hulladéka a saját üvegcserep, melynek keletkezési mértéke technológiai sajátosság. A gyártók nagy része csaknem 100%-ban hasznosítja a saját cserepét. Szintén az 1.2 Táblázat mutatja a jelenleg alkalmazott cseréparányokat, amelyek megfelelő minőségű cserép elérhetősége esetén tovább növelhetők.

Üvegszektor megnevezése	Idegen cserép (fehér üveghulladék) mennyisége								Cseréparány %	
	tonna / év								olvadt üvegre	keve- rékre
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2008	2008
Csomagoló üveg	na	3 800	6 900	30 800	18 600	23 700	20 900	25 406	22	
Síküveg: float üveg	8 600	13 900	17 500	13 400	13 800	20 200	17 600	20 237	21	17
Háztartási üveg	0	0	0	0	0	0	0	0	70-79	66-79
Speciális üveg ¹	645	636	613	728	544	635	741	613	40-86	40-86
Ásványgyapot: üveggyapot	5 100	7 400	7 700	7 830	6 420	1500	0	0	61	51
Ásványgyapot: kőzetgyapot ²	0	0	0	0	0	0	0	0	9	-
Ágazat összesen:	14 345	25 736	32 713	52 758	39 364	46 035	39 241	46 256		
Növekedés mértéke:		179%	127%	161%	75%	117%	85%	118%		

1: Speciális üvegnél a lámpagyárak üveghulladéka idegen cserépként van kezelve

2: Kőzetgyapotnál a saját hulladék visszaforgatási arány van megadva az olvadékra vonatkoztatva

1.2 Táblázat: A magyar üveghulladék és üvegcserep felhasználása

1.6.2 Az üvegolvasztásból, olvasztást követő folyamatokból eredő környezeti hatások

A keverék megolvasztása az üveggyártás leginkább környezetszennyező művelete. Az olvasztási hőmérséklet igen magas, általában 1300-1500 °C tartományba esik. Az olvasztás során bonyolult fizikai és kémiai folyamatok játszódnak le, miközben por és különböző gázok képződnek, illetve távoznak a kemencéből. A kemencébe beadagolt keverék először kiszárad, majd a hidrátok, karbonátok, nitrátok és szulfátok bomlanak el, miközben vízgőz, szén-dioxid és kén-dioxid képződik. Ennek következtében a képződő olvadt üveg a beadagolt keverék térfogatának mindössze 35-50 %-a. A megolvadt üveg az olvasztás következő fázisában

tisztul (a keletkező gázbuborékok eltávoznak, az esetleg még olvadatlan részek feltárodnak ill. megolvadnak) és homogenizálódik. Ezt a tisztulást megfelelő adalékokkal – elsősorban szulfátokkal – gyorsítják. Az üvegolvasztás nagyon energiaigényes és az energiafelhasználás nagymértékben függ a kemence konstrukciójától. Ezért az olvasztandó üvegnek és a rendelkezésre álló, illetve a kiválasztott fűtőanyagnak legjobban megfelelő kemence-konstrukció kiválasztása igen fontos, mert ez a környezetszennyezést is alapvetően meghatározza. Az üvegiparban alkalmazott fűtőanyagokról, kemencetípusokról részletes leírást lásd a 2 fejezetben.

A letisztult, homogén olvadékból a terméket az üveg típusától függő technológiai módszerekkel formázzák, a formázás, termékkidolgozás módszerét a 2 fejezet ismerteti. A letisztult, még nagyon meleg üvegolvadékot megfelelően kialakított kemence-részben (kidolgozó- ill. munkakád), majd fűtött csatornában hűtik le a megfelelő kidolgozási hőmérsékletre, amely általában 900-1350 °C, és vezetik el a formázó gépekhez.

A formázáskor vagy azt követően gyakran előfordul felületkezelés is. Az üvegekben a kidolgozás alatt a mechanikai és termikus hatások következtében feszültségek keletkeznek, ezért az üveget hőkezelní kell, vagyis szabályozott hűtéssel kell elérni a csomagolási hőfokot. A termékformázás, felületkezelés, hőkezelés a fűtés és elszívás következtében a legtöbb esetben levegőszennyezéssel jár, a szennyezés mértéke azonban lényegesen kisebb, mint az olvasztási folyamaté.

Az üveggyártás nagyon energiaigényes folyamat, általánosan elmondható, hogy az üveg olvasztásához használt energia az üveggyártás teljes energiaigényének, több mint a 75%-a. A gyártástechnológia, a kibocsátás csökkentési technikák, a választott energiatípusa alapvetően meghatározza az energiával is összefüggő környezeti szempontokat, a levegőbe jutó szennyező gázok, az SO_x és NO_x mennyiségét, továbbá a gyártott üveg egy tonnájára jutó üvegházhatású gáz (ÜHG), a CO₂ kibocsátást.

A Magyarországon jelenleg alkalmazott kibocsátás csökkentő technikákat az olvasztási és olvasztás utáni folyamatokra bontva, a kibocsátásokat és az energia fajlagos adatokat szektoronkénti csoportosításban a következő táblázatok tartalmazzák.

A csomagoló üveg olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezését, energiaadatokat és az alkalmazott csökkentési technikákat az 1.3 Táblázat tartalmazza:

Kibocsátás	Csomagoló üveg				Alkalmazott csökkentési technikák	
	Elsődleges csökkentéssel		Másodlagos csökkentéssel		Elsődleges	Másodlagos
	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg		
Olvasztásból levegőbe jutó kibocsátás					keresztüzelésű regeneratív kemence, tüzelés vezérlés, kemencék karbantartása és üzemeltetése, keverék összetétel kialakítás	kiépítés alatt: száraz mosó (mészhidrát) és elektrosztatikus porleválasztás
Szilárd anyag (nem toxikus)	60.0	0.149				
Nitrogén-oxidok (NO ₂ -ben)	1 051.0	3.208				
Kén-oxidok (SO ₂ -ben)	153.0	0.468				
Szén monoxid (CO)	28.0	0.068				
Szervetlen fluor vegyületek	0.2	0.003				
Nem olvasztásból levegőbe jutó kibocsátás (üvegformázás, feszültségmentesítés)					anyag felhasználás csökkentés	
Nitrogén-oxidok (NO ₂ -ben)	150-250	0.028				
Szén monoxid (CO)	300-500	0.069				
Ónvegyületek	0.28	0.000				
Fajlagos adatok					cserép felhasználás	
Olvasztási kapacitás		t/nap		380		
Cseréparány olvadt üvegre vonatkoztatva		%		22		
Fajlagos fosszilis energiafelhasználás (gáz)		GJ/t termék		7		
Fajlagos elektromos energia felhasználás		MWh/t termék		0.4		
Fajlagos szén-dioxid kibocsátás		t CO ₂ /t termék		0.6		

1.3 Táblázat: A csomagoló üveg olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezése, alkalmazott csökkentési technikák

A síküveg (float üveg) olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezését, alkalmazott csökkentési technikákat az 1.4 Táblázat tartalmazza:

Kibocsátás	Síküveg: float üveg				Alkalmazott csökkentési technikák	
	Elsődleges csökkentéssel		Másodlagos csökkentéssel		Elsődleges	Másodlagos
	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg		
Olvasztásból levegőbe jutó kibocsátás					keresztüzelésű regeneratív kemence, tüzelés vezérlés, alacsony NO _x égők, kemencék karbantartása és üzemeltetése, keverék összetétel kialakítás	füstgáz hűtés szennyvíz koncentráttal, száraz mosó (mészhidrát), elektrosztatikus porleválasztás, újra hasznosítás
Szilárd anyag (nem toxikus)			1.5	0.004		
Nitrogén-oxidok (NO ₂ -ben)	1 816.0	4.53				
Kén-oxidok (SO ₂ -ben)	808.0	2.01				
Szén monoxid (CO)	162.0	0.40				
Hidrogén fluorid (HF)	0.4	0.001				
Nem olvasztásból levegőbe jutó kibocsátás (feszültségmentesítés, tükör és bevonat készítés)					zárt vízrendszer, anyag felhasználás csökkentés	kemencetérbe vezetett oldószerelők a tüdőgyógyászból
Szilárd anyag (nem toxikus)	6.22	0.005				
Kén-oxidok (SO ₂ -ben)	121.00	0.004				
Fajlagos adatok					cserép felhasználás	
Olvasztási kapacitás		t/nap		575		
Cseréparány keverékre vonatkoztatva		%		17		
Fajlagos fosszilis energiafelhasználás (gáz)		GJ/t termék		8		
Fajlagos elektromos energia felhasználás		MWh/t termék		0.2		
Fajlagos szén-dioxid kibocsátás		t CO ₂ /t termék		0.7		

1.4 Táblázat: A síküveg: float üveg olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezése, alkalmazott csökkentési technikák

A háztartási üveg olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezését, alkalmazott csökkentési technikákat gépi gyártás esetén az 1.5 Táblázat, kézi gyártás esetén az 1.6 Táblázat tartalmazza:

Kibocsátás	Háztartási üveg (gépi gyártás)				Alkalmazott csökkentési technikák	
	Elsődleges csökkentéssel		Másodlagos csökkentéssel		Elsődleges	Másodlagos
	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg		
Olvasztásból levegőbe jutó kibocsátás					kombinált tüzelés: rekuperatív kemence, elektromos pótűtés; keverék összetétel kialakítása	
Szilárd anyag (nem toxikus)	0.1-60	0.2-0.5				
Nitrogén-oxidok (NO ₂ -ben) gáz-levegő tüzelés	4-960	1-5				
Szén monoxid (CO)	7-70	0-23				
Nem olvasztásból levegőbe jutó kibocsátás (üvegformázás, feszültségmentesítés, festés, csiszolás)					anyag felhasználás csökkentés	szennyvíz ülepítés
Szilárd anyag (nem toxikus)	0-12	0.2				
Nitrogén oxidok (NO ₂ -ben)	2-3	0.3				
Szén-monoxid (CO)	40-45	0.4				
Ólom (Pb)	0-0.1	0.003				
Fajlagos adatok					cserép felhasználás	
Olvasztási kapacitás			t/nap	80		
Cseréparány olvadt üvegre vonatkoztatva			%	70		
Fajlagos fosszilis energiafelhasználás (gáz)			GJ/t termék	60		
Fajlagos elektromos energia felhasználás			MWh/t termék	2		
Fajlagos szén-dioxid kibocsátás			t CO ₂ /t termék	3.5		

1.5 Táblázat: A háztartási üveg (gépi gyártás) olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezése, alkalmazott csökkentési technikák

Kibocsátás	Háztartási üveg (kézi gyártás)				Alkalmazott csökkentési technikák	
	Elsődleges csökkentéssel		Másodlagos csökkentéssel		Elsődleges	Másodlagos
	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg		
Olvasztásból levegőbe jutó kibocsátás					kombinált tüzelés: elektromos olvasztás, gáz-tüzelés rásegítés, rekuperatív hőcserélő; fazekas kemence	zsákos szűrő
Szilárd anyag (nem toxikus)	40	7	1.0	0.01		
Nitrogén-oxidok (NO ₂ -ben) gáz-levegő tüzelés	0-250	0-40				
Szén monoxid (CO)	0.1-6.5	0-1				
Kobalt, réz vegyületek	0.01	10 ⁻⁵				
Szelén, antimon vegyületek	0.01	10 ⁻⁵				
Króm, mangán, ón vegyületek	0.01	10 ⁻⁵				
Bárium	0.05	0.03				
Arzén szervesetlen vegyületek	0.02	2*10 ⁻⁵				
Ólom vegyületek	2	0.12				
Cink vegyületek	0.2	0.01				
Nem olvasztásból levegőbe jutó kibocsátás (feszültségmentesítés, savazás, csiszolás)					anyag felhasználás csökkentés	nedves mosó, flokkulálás, újra hasznosítás
Szilárd anyag (nem toxikus)	0.5-2.5	0.1 alatt				
Nitrogén oxidok (NO ₂ -ben)	50-150	0.1-5				
Szén-monoxid (CO)	0-500	0.1-20				
Fluoridok	1	0.15				
Fajlagos adatok					cserép felhasználás	hőhasznosító kazán
Olvasztási kapacitás		t/nap	0.3-14			
Cseréparány olvadt üvegre vonatkoztatva		%	70-80			
Fajlagos fosszilis energiateljesítmény (gáz)		GJ/t termék	410			
Fajlagos elektromos energia felhasználás		MWh/t termék	32			
Fajlagos szén-dioxid kibocsátás		t CO ₂ /t termék	24			

1.6 Táblázat: A háztartási üveg (kézi gyártás) olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezése, alkalmazott csökkentési technikák

A speciális üveg olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezését, alkalmazott csökkentési technikákat az 1.7 Táblázat tartalmazza:

Kibocsátás	Speciális üveg				Alkalmazott csökkentési technikák	
	Elsődleges csökkentéssel		Másodlagos csökkentéssel		Elsődleges	Másodlagos
	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg		
Olvasztásból levegőbe jutó kibocsátás					keresztlángú és U-lángú regeneratív kemencék, levegő-gáz tüzelés, oxigén-gáz tüzelés, elektromos pótűtés, tüzelés vezérlés módosítás, alacsony NO _x égők, kemencék karbantartása és üzemeltetése, keverék összetétel kialakítás	elektrosztatikus porleválasztó, újra hasznosítás
Szilárd anyag (nem toxikus)	130-150	0.5	3-5	0.01-0.03		
Nitrogén-oxidok (NO ₂ -ben) gáz-levegő tüzelés	500-2000	1-18				
Nitrogén-oxidok (NO ₂ -ben) gáz-oxigén tüzelés	N/A	2.00				
Kén-oxidok (SO ₂ -ben)	2-25	0.01-0.1				
Szén monoxid (CO)	10-200	0.3				
Antimon			0.0			
Higany			0.1			
Ólom			0.002	10 ⁻⁵		
Mangán	3.4	0.01				
Nem olvasztásból levegőbe jutó kibocsátás (üvegformázás, feszültség mentesítés)					anyag felhasználás csökkentés	
Szilárd anyag (nem toxikus)	12	0.14				
Nitrogén oxidok (NO ₂ -ben)	1-80	0.01-0.05				
Kén-oxidok (SO ₂ -ben)	2-40	0.01-0.1				
Szén-monoxid (CO)	1-240	0.02-0.3				
Ásványi gőzök	0.2-0.6	0.002				
Fajlagos adatok					cserép felhasználás, rácsrakás módosítás	hőhasznosító kazán
Olvasztási kapacitás		t/nap	22-250			
Cseréparány keverékre vonatkoztatva		%	40-86			
Fajlagos fosszilis energiafelhasználás (gáz)		GJ/t termék	7-75			
Fajlagos elektromos energia felhasználás		MWh/t termék	0.1-1.6			
Fajlagos szén-dioxid kibocsátás		t CO ₂ /t termék	0.4-4.2			

1.7 Táblázat: A speciális üveg olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezése, alkalmazott csökkentési technikák

Az ásványgyapot: üveggyapot gyártás levegőszennyezését, alkalmazott csökkentési technikákat az 1.8 Táblázat tartalmazza:

Kibocsátás	Ásványgyapot: üveggyapot				Alkalmazott csökkentési technikák	
	Elsődleges csökkentéssel		Másodlagos csökkentéssel		Elsődleges	Másodlagos
	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg		
Olvasztásból levegőbe jutó kibocsátás					oxigén-gáz tüzelés, alacsony NO _x égők, elektromos pótűtés	elektrosztatikus porleválasztó, filterpor visszaadagolás
Szilárd anyag (nem toxikus)				0.03		
Nitrogén-oxidok (NO ₂ -ben) gáz-oxigén tüzelés				0.90		
Szén monoxid (CO)				0.02		
Nem olvasztásból levegőbe jutó kibocsátás (szálazás, gyanta kikeményítés, termék hűtés, csomagolás)					szálazási módszer, üzemi paraméterek, kötőanyag kémiai összetétele, zárt vízrendszer	mechanikus porleválasztó (lamellás, töltelékes), zsákos szűrő
Szilárd anyag (nem toxikus)			6-12	0-0.03		
Nitrogén oxidok (NO ₂ -ben)			2-3	0.2-0.6		
Szén-monoxid (CO)			1-5	0.1-1.2		
Fenol			0-0.5	0-0.06		
Formaldehid			1-16	0.1-0.8		
Ammónia			3-30	0-8		
Fajlagos adatok					saját hulladék felhasználás, cserép felhasználás	
Olvasztási kapacitás		t/nap		36		
Cseréparány olvadt üvegre vonatkoztatva		%		51		
Fajlagos fosszilis energiafelhasználás (gáz)		GJ/t termék		13		
Fajlagos elektromos energia felhasználás		MWh/t termék		0.9		
Fajlagos szén-dioxid kibocsátás		t CO ₂ /t termék		0.9		

1.8 Táblázat: Az ásványgyapot: üveggyapot olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezése, alkalmazott csökkentési technikák

Az ásványgyapot: kőzetgyapot gyártás levegőszennyezését, alkalmazott csökkentési technikákat az 1.9 Táblázat tartalmazza.

Kibocsátás	Ásványgyapot: kőzetgyapot				Alkalmazott csökkentési technikák	
	Elsődleges csökkentéssel		Másodlagos csökkentéssel		Elsődleges	Másodlagos
	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg		
Olvasztásból levegőbe jutó kibocsátás					kúpoló kemence, oxigén-tüzelés rásegítés	zsákos szűrő, ciklonos porleválasztás, száraz mosó (NaHCO ₃), utóégetés
Szilárd anyag (nem toxikus)			50.0	0.1		
Nitrogén-oxidok (NO ₂ -ben)			400	0.7		
Kén-oxidok (SO ₂ -ben)			1 800	3.0		
Szén monoxid (CO)			800	1.5		
Nem olvasztásból levegőbe jutó kibocsátás (szálazás, gyanta kikeményítés, termék hűtés, csomagolás)					szálazási módszer, üzemi paraméterek, kötőanyag kémiai összetétele, zárt vízrendszer	kőzetgyapot szűrő, víz bepermetezés, utóégetés
Szilárd anyag (nem toxikus)			0.7-45	0.01-0.8		
Nitrogén oxidok (NO ₂ -ben)			2-120	0.004-0.12		
Kén-oxidok (SO ₂ -ben)			20	6*10 ⁻⁴		
Szén-monoxid (CO)			20-400	0.01-0.3		
Fenol			1-5	0-0.08		
Formaldehid			4-40	0-0.3		
Ammónia			0-500	0.01-0.03		
Fajlagos adatok					saját hulladék felhasználás	hulladékhő hasznosítás (égéslevegő előmelegítés)
Olvasztási kapacitás		t/óra		7		
Saját hulladék visszaforgatási aránya az olvadékra		%		9		
Fajlagos fosszilis energiafelhasználás (gáz, kokszt)		GJ/t termék		6.0		
Fajlagos elektromos energia felhasználás		MWh/t termék		0.2		
Fajlagos szén-dioxid kibocsátás		t CO ₂ /t termék		0.6		

1.9 Táblázat: Az ásványgyapot: kőzetgyapot olvasztás és termék kidolgozás levegőszennyezése, alkalmazott csökkentési technikák

1.6.3 Az üveggyártás során keletkező vízszennyezés

Általánosságban elmondható, hogy az üveggyártás során a vízszennyezés viszonylag alacsony. A vizet leginkább tisztításra és hűtésre használják, zárt rendszerben. A hűtési rendszerekre a zárt hűtési rendszer a jellemző, az elfolyó víz minimális. A hűtővíz rendszer tisztításakor a leengedett vizet és a mosóvizet a felszíni csatornába engedik, a hűtővíz csak a hűtővíz kezelésére szolgáló vegyszereket tartalmazza.

A technológiából származó szennyvíz általában csak szilárd üveget, kevés olajszennyeződést, kis mennyiségű oldott üvegösszetevőt (pl. nátrium-szulfát) tartalmaz a gyártás során egyes technológiáknál a magas hőmérsékleten üzemelő gépek kenőanyaga, valamint az üvegcsépp vágása során használt hűtő-kenő emulzió miatt. Ahol a hűtővíz olajat tartalmaz, ott olajleválasztás után, ahol szilárd szennyeződést (pl. törött, darabos üveg, csiszolásból származó üvegpor), ott ülepítés, szűrés, közömbösítés, derítés, előtisztítás után kerülhet csak a kommunális szennyvízhálózatba.

Az üvegyiparban szennyezett víz az ásványgyapot gyártásban és a háztartási üveg (ólomkristály, kristályüveg) csiszolásnál, savfényezésnél keletkezik, illetve a bevonatos síküveg (float üveg) előállításánál, ahol az üveg felületére különböző bevonatokat visznek fel.

Bevonatos üveg gyártásánál a szennyvizek tisztítására ma már több lépcsős összetett tisztító berendezéseket hoznak létre. A tisztított víz egy részét újrahasználik, illetve a keletkező sűrített szennyvizet a füstgáztisztító (elektrosztatikus porleválasztó) rendszerbe bevezetve, a víz elpárolgása után a keletkező szilárd szennyező anyagok visszakerülnek az üveggyártás folyamatába. Technológiai vízkibocsátás ezeknél a rendszereknél nincs.

Az ólomkristály és a káli-kristályüveg termelésnek a csiszolási műveletnél használt víz csiszolászemcséket (korund) és finom üvegrészecskéket tartalmaz, melyet ülepítéssel választanak el a víztől. Az üveg ólom tartalma lényegében oldhatatlan. A csiszolt üvegfelületeken jelenlévő mikroszkopikus egyenetlenségeket kémiai úton távolítják el, annak érdekében, hogy a csiszolat felülete az üvegtárgy többi – csiszolatlan – részével azonos fényességű legyen. A savfényezést az üveg előmosása után kénsav és hidrogén-fluorid keverékével végzik. A savkeveréket használat után egy napi tartályba engedik, ülepítik, a tovább nem használható ill. felesleges savkeveréket a mosóvízzel együtt gyűjtőmedencékbe vezetik, és utána veszélyes hulladékként elszállítják.

Az ásványgyapot eljárásnál használt jelentős mennyiségű víz vízpáraként távozik a levegőbe a szárazítás alatt, kisebb része, pedig a kikeményítés során. A folyamatok zárt vízrendszerben működnek, a technológiai mosóvíz és kötőanyag szennyeződések visszaforgatásra kerülnek a technológiai vízkörbe.

Az elvezetett víz minőségét rendszeresen ellenőrzik (pl. hőmérséklet, só-, lebegőanyag tartalom).

1.6.4 Az üveggyártás során keletkező hulladékok

Az üvegyipart az jellemzi, hogy a legtöbb gyártás során nem keletkezik jelentős mennyiségű szilárd hulladék. Az eljárások többségének nincs velejáró jelentős mellékterméke. A folyamat során keletkező hulladékok a fel nem használt alapanyagokból és olyan hulladéküvegből állnak, amiből nem lett termék.

Keverék hulladékai az alapanyagok tárolása és kezelése, szükség szerinti előkészítése, porleválasztás során keletkeznek, az anyagok kezelési módja és a minőségi követelmények figyelembevételével a keletkező hulladékok egy része újrafelhasználható a gyártásban. A kiürült tároló zsákokat (göngyölegeket) a helyszínen gyűjtik, esetenként helyben tömörítik, majd szükség szerint veszélyes hulladékként kezelik.

A füstgáz áramból összegyűjtött por legtöbbje visszaforgatható az olvasztási folyamatba. A regeneratív kamra rácsának ellenállása az üzemeltetés során a salaklerakódás következtében növekszik. Ezért időnként szükség van arra, hogy a lerakódott salakot időszakonként eltávolítsák. A kamratisztításkor keletkező salakot a hulladéktárolókba helyezik el. A kemence élettartama alatt, a regeneratív kemencékben jelentős mennyiségű por rakódik le a regenerátorokban, melyet az átépítés/javítás alatt kisorsolnak, és megfelelő hulladéklerakóban helyeznek el.

Termékké nem vált olvadék, a hulladéktípus főként a formázási folyamat megszakadásakor keletkezik, vagy hibás működésből, termékváltásból ered. A rendszerint leggyakrabban használt és hatékony módszer az olvadéknak vízben történő hűtése és összetörése, és azután üvegcserep formában való közvetlen felhasználása alapanyagként. Ha a termelés megszakítása már szilárd üvegnél történik (pl. float üveg), az üveg összetörhető és üvegcserep formában visszaforgatható.

A szélvágás hulladékai, a termékváltási selejtek, a sérült termékek, és a minőségügyi minták, szintén visszaforgathatók a gyártási folyamatba, egyes üvegtípusoknál (pl. síküveg szélhulladékai, csomagoló üveg selejtek) törés után üvegcserep formájában. A fényforrásgyártásban a gyártás további folyamataiból kikerülő gyártási üveghulladékok, selejtek is visszakerülnek üvegolvasztásba. A saját cseréről már szóltunk a 1.7.1 pontban.

Ásványgyapot szektorban, a termék hulladéka szálás, és így nem adagolható vissza közvetlenül a kemencébe, először össze kell tépni vagy darálni, majd így beadagolni a kemencébe, vagy brikettálás után a közetgyapot kupolókemencébe.

A technológiai vízrendszerből leválasztott hulladék nem kerül újrahasznosításra, hanem hulladéklerakóban helyezik el.

2 ALKALMAZOTT FOLYAMATOK ÉS TECHNIKÁK

A fejezet első három általános pontja azokat a közös alapanyag és olvasztási megfontolásokat tartalmazza, amelyek az üvegyipar legtöbb szektorára érvényesek. A további pontok minden egyes szektor vonatkozásában külön mutatják be a speciális kérdéseket. Három szektor – nevezetesen a kőzetgyapot, a fritt és a magas hőmérsékletű szigetelő gyapot – néhány esetben eltér a felhasznált alapanyagok és technikák vonatkozásában. Ezeket a különbségeket az egyes szektorok vonatkozó pontjai tárgyalják.

2.1 ANYAGKEZELÉS

Az üvegyipar sokszínűsége a felhasznált alapanyagok nagy változatosságát eredményezi. Ezen alapanyagok többsége szilárd, szervesetlen vegyület; vagy természetesen előforduló ásványi anyag, vagy mesterségesen előállított termék. Vannak köztük nagyon durva anyagok, de finom porállagúak is. A legtöbb szektorban folyadékokat, illetve, kisebb mértékben, gázokat is használnak.

A felhasznált gázok közé a hidrogén, a nitrogén, az oxigén, a kén-dioxid, a propán, a bután és a földgáz tartozik. Ezeket hagyományos módon tárolják és kezelik, például közvetlen vezetékekben, erre a célra épített tárolókban és tartályokban. Az üvegyipar a folyadékok széles körét használja, amelyek közül néhány, mint a fenol és az erős ásványi savak, gondos kezelést igényelnek. Az iparág a tárolás és kezelés minden standard formáját alkalmazza, pl.: ömlesztett tárolás, átmeneti ömlesztett konténerek (IBC), dobok és kis konténerek. A folyadékok tárolásának és kezelésének kibocsátás minimalizálását szolgáló lehetséges technikákat a 3 fejezet tárgyalja.

Nagyon durva anyagokat (pl. részecske átmérő >50 mm) csak kőzetgyapot gyártás során alkalmaznak. Ezeket az anyagokat vasúton vagy közúton szállítják és közvetlenül a silókhoz továbbítják vagy rekeszekben tárolják. A tároló rekeszek lehetnek nyitottak, részben vagy teljesen zártak, mindegyik megoldásra találunk példát a szektorban. A durvaanyag tárolására használt silók jellemzően nyitottak és töltésük szállítószalaggal történik. Az anyagokat ezt követően zárt szállítórendszerek továbbítják a kemencéhez. Az anyagok keverése egyszerűen valósul meg, azok egyszerre kerülnek fel az adagoló szállítószalagra.

A szemcsés és por alakú alapanyagokat vasúti vagy közúti tartálykocsiban szállítják, és pneumatikus vagy mechanikus úton továbbítják az ömlesztett anyagtároló silókba. A pneumatikus szállítás szükségessé teszi, hogy az anyagok szárazak legyenek. A silókból eltávozó levegőt általában szűrik. Kis mennyiségű anyag zsákokban vagy hordókban is szállítható, azt általában gravitációsan adagolják a keverő edénybe.

Hosszú összefüggő folyamatoknál az alapanyagokat kisebb közbenső silókba szállítják, és innen mérik ki azokat, gyakran automatikusan, a precízen kialakított „keverékhez”. A keveréket ezt követően összekeverik és a kemence közelébe szállítják, ahol egy vagy több keverék silóból adagolják a kemencébe. Az iparban különféle adagoló mechanizmusok léteznek, a teljesen nyitott rendszertől a teljesen zárt csigás adagolóig. A szállítás porkibocsátásának és a kemencéből a finomszemcsés anyagok „kiporzás”-ának csökkentése miatt a keverék bizonyos százalékban vizet tartalmazhat, általában 0-4%-ot (néhány eljárás pl. boroszilikát üveggyártás során száraz keverékanyagot alkalmaznak). A vizet gőz formájában adagolhatják be a keverési folyamat végén, illetve az alapanyagoknak is van saját víztartalma.

A mésznátronüveg esetében a gőzt arra használják, hogy a hőmérséklet 37 °C felett maradjon, így óvva meg a keveréket attól, hogy szárazzá váljon, amit a szóda hidratációja okozna.

Koptató hatása és nagyobb részecskemérete miatt az üvegcserepet általában külön kezelik az elsődleges keverék anyagoktól, és az külön rendszeren, mért mennyiségben adagolható a kemencébe.

A szakaszos eljárások esetében a keverő üzemek sokkal kisebbek és gyakran manuálisan üzemelnek. A keverést követően a keverék kis, mobil tartályokban tárolható, amelyek egy-egy adagot tartalmaznak az olvasztóhoz. Néhány adagot elkészítenek, esetenként különböző összetétellel, és az olvasztó közelében tárolják, egy adott olvasztási időszakra. A nagyüzemi olvasztáshoz hasonlóan az összekevert keverék itt sem tárolható túl hosszú ideig a használat előtt, mert a különböző összetevők szétválogatódhatnak, ami megnehezíti a homogén olvadék elérését. A víz jelenléte a keverékben mérsékeli ezt a folyamatot.

2.2 ÜVEGOLVASZTÁS

Az olvasztás az üveggyártás központi része, vagyis az egyes alapanyagok magas hőmérsékleten történő egyesítése révén az olvadt üveg létrehozása. Az üveg olvasztásának számos módja van, amely függ a kívánt terméktől, a végfelhasználástól, az üzemmérettől és a meghatározó kereskedelmi tényezőktől. Az üveg kémiai összetétele, az alapanyagok, az olvasztási technikák, a fűtőanyag kiválasztása és a kemence méret mind ezen tényezők függvényei.

A kemencében az üvegolvadék tartózkodási ideje a gyártott üveg típusa szerint jelentősen változik. A minimum tartózkodási idő az üveg minőségének biztosításában döntő paraméter. Alapvetően, minél magasabb minőségű az előállított üveg, annál hosszabb a tartózkodási idő, annak érdekében, hogy a homogenizáció és a lehetséges kövek, buborékok stb. eltávolítása tökéletes legyen, ami befolyásolja a végtermék tulajdonságait. Az üvegolvadék tartózkodási idejének különbözősége közvetlenül összekapcsolható a fajlagos energiafelhasználással; ezért egy adott kapacitású olvasztókemence, az előállított üveg típusától függően jelentősen eltérő energiafelhasználást igényel.

2.2.1 Az üveggyártás alapanyagai

[tm18 CPIV, tm21 Schott][19, CPIV 1998][22, Schott 1996] [66, APFE UPDATE IPPC Glass BREF 2007] [100, ICF BREF revision 2007]

A 2.1 Táblázat az üveggyártás legfontosabb alapanyagait mutatja be.

Üvegtévköz anyagok
Kvarchomok, saját cserép, idegen cserép
Módosító anyagok
Szóda (Na_2CO_3), mézskő (CaCO_3), kalcinált méz (CaO), dolomit ($\text{CaCO}_3\cdot\text{MgCO}_3$), kalcinált dolomit ($\text{CaO}\cdot\text{MgO}$), földpát, nefelin-szienit, hamuzsír, folypát, timföld, cink-oxid, ólom-oxid, bárium karbonát, stroncium karbonát, bazalt, vízmentes nátrium-szulfát, kalcium szulfát és gipsz, bárium-szulfát, nátrium-nitrát, kálium-nitrát, bór tartalmú anyagok (pl. bórax, colemanit, bórsav), antimon-oxid, arzén-trioxid, kohósalak (kevert kalcium, alumínium, magnézium szilikát és vas-szulfid)
Színező/szintelenítő szerek
Vas-kromit ($\text{Fe}_2\text{O}_3\cdot\text{Cr}_2\text{O}_3$), vas-oxid (Fe_2O_3), kobalt-oxid, szelén/cink-szelenit, szén, szulfidok (pirit)

2.1 Táblázat: Fontos üveggyártási alapanyagok

Az üvegyártás legfontosabb alapanyaga a homok, a SiO_2 alapvető forrásaként. Bár gyakori alapanyag, a legtöbb lelőhely nem megfelelő tisztaságú az üvegyártáshoz. A homok olvadási pontja nagyon magas a gazdaságos olvasztáshoz, ezért egy folyósítószer, általában nátrium-oxid, használata szükséges az olvadási hőmérséklet csökkentéséhez.

A nátrium-oxid (Na_2O) folyósítószer legfontosabb forrása a szóda (Na_2CO_3). Az olvasztás alatt a nátrium-oxid az olvadék részévé válik és szén-dioxid szabadul fel. A nátrium-szulfátot derítő- és oxidálószerként használják, emellett a nátrium-oxid másodlagos forrása is. A nátrium-oxid az üveg részévé válik, és az olvadás közben kén-oxid gázok szabadulnak fel. A kálium-karbonát (K_2CO_3) folyósítóként viselkedik, néhány folyamatban, főként speciális üvegeknél használják. A kálium-oxid az olvadék részévé válik és szén-dioxid kerül kibocsátásra.

Egyéb fém-oxidokat azért adnak az üveghez, hogy erősítsék a szerkezeti hálót, növelve a keménységet és a kémiai ellenálló képességet. A kalcium-oxid (CaO) rendelkezik ezzel a hatással és kalcium-karbonát (CaCO_3), mészkő vagy kréta formájában kerül hozzáadásra. Dolomitként is hozzáadható, ami kalcium-karbonátot és magnézium-karbonátot egyaránt tartalmaz (MgCO_3). Alumínium-oxid (Al_2O_3) hozzáadásával a kémiai ellenálló képességet javítják, továbbá, hogy alacsonyabb hőmérsékleten növeljék a viszkozitást. Általában nefelin-szienit ($3\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2$), földpát vagy timföld formájában kerül hozzáadásra, de jelen van a kohósalakban és a földpátos homokban is.

Az ólom-oxidokat (PbO és Pb_3O_4) arra alkalmazzák, hogy növeljék az üveg csengését és a törésmutatóját, ezáltal csillogóbbá téve az olyan terméket, mint az ólomkristály. Az ólom-oxid helyettesítésére bárium-oxid (bárium-karbonátból származó), cink-oxid vagy kálium-oxid is használható, de ezek kisebb sűrűséget és fényességet eredményeznek, mint ami az ólomkristályt jellemzi. A legtöbb esetben, a kézi gyártású üvegek megmunkálhatóságára hátrányos, amikor a PbO -t más összetevőkkel helyettesítik.

A bór-trioxid (B_2O_3) néhány termékben elengedhetetlen, kifejezetten ilyen a speciális üveg (boroszilikát üvegek) és az üvegszál (üveggyapot és folyamatos üvegrost). Legfontosabb hatása az üveg hőtágulási együtthatójának a csökkentése, de megváltoztatja a szálak viszkozitását és folyósságát, segítve a szálképződést, illetve növeli a vízállóságát.

A 2.2 Táblázat néhány olyan elemet mutat be, amelyet az üveg színezéséhez használnak. A színezőanyagokat az alapkeverékhez, vagy a kemencéből kilépő csatornába (színezett fritt formájában) adagolják.

Elem	Ion	Szín
Réz	(Cu ²⁺)	Világoskék
Króm	(Cr ³⁺)	Zöld
	(Cr ⁶⁺)	Sárga
Mangán	(Mn ³⁺)	Ibolya
Vas	(Fe ³⁺)	Sárgásbarna, barna, szulfidokkal kombinálva
	(Fe ²⁺)	Kékes-zöld
Kobalt	(Co ²⁺)	Intenzív kék, de bórüvegekben rózsaszín
	(Co ³⁺)	Zöld
Nikkel	(Ni ²⁺)	Szürkésbarna, sárga, zöld, kéktől az ibolyáig az üveg mátrixtól függően
Vanádium	(V ³⁺)	Szilikát üvegben zöld, bórüvegben barna
Titán	(Ti ³⁺)	Ibolya (redukáló környezetben olvad)
Neodímium	(Nd ³⁺)	Pirosas-ibolya
Szelén	(Se ⁰)	Rózsaszín vagy bronz (Se ²⁺ , Se ⁴⁺ és Se ⁶⁺ is, az üveg típusától függően)
Kadmium	(Cd ²⁺)	Sárga, narancs, vörös és színfokozó
Prazeodímium	(Pr ³⁺)	Világoszöld

2.2 Táblázat: Színezéshez alkalmazott elemek szilikátüvegekhez

Fluorid tartalmú anyagokat (pl. folyópát CaF₂) használják bizonyos termékek átlátszatlanná tételéhez. Ez kristályok létrehozásával valósul meg az üvegben, homályossá és átlátszatlanná téve azt. A fluoridot a folyamatos üvegrost szektorban is használják a felszíni feszültség és a folyóssági tulajdonságok optimalizálásához, a szálképződés segítése, illetve a rosttörés minimalizálása érdekében.

Az üveggyártás egyre fontosabb alapanyaga az üvegcserep (tört üveg), mind a saját cserep, mind pedig a hazai vagy a külföldi idegen cserep. Gyakorlatilag minden folyamat újrahasznosítja a saját üvegcserepét, de néhány folyamat esetében a minőségi megkötések nem teszik lehetővé a megfelelő minőségű, és összetételű idegen cserep ellátás biztosítását, olyan módon, hogy használata gazdaságos legyen. A legtöbb folyamatos üvegrost gyártásnál a saját cserepet nem hasznosítják újra, míg a csomagoló üveg szektorban a cserep esetenként a keverék 80%-ánál többet is kitesz. A cserep olvasztása kevesebb energiát igényel az eredeti nyers alapanyagokénál, és minden 1 tonna cserep körülbelül 1.2 tonna eredeti alapanyagot helyettesít a mész-nátron szilika üvegek legtöbbje esetében.

Az olvasztási folyamat és a végtermék jellemzőinek megfelelő cserep minőségének biztosítása érdekében távol kell tartani, vagy korlátozni kell a kerámiát, az üvegkerámiát, a fémeket, a szerves anyagot stb. Néhány szennyezőanyag kibocsátása közvetlenül összefügghet a cserep használatával.

A cserephasználatról további információ a 3.8.3 pontban található.

2.2.2 Az olvasztási folyamat

[tm21 Schott][22, Schott 1996]

Az olvasztási folyamat a kémiai reakciók és a fizikai folyamatok összetett kombinációja. Ez a pont csak egy tömör összefoglalót ad a folyamat legfontosabb szempontjairól. Az olvasztás több fázisra bontható, amelyek mindegyike szigorú ellenőrzést kíván.

Felmelegítés

Az üveg megolvasztásához szükséges hő biztosításának hagyományos és leggyakrabban használt módja a fosszilis tüzelőanyagok elégetése a kád keverékszönyege vagy keverékkupacai és az olvadt üveg felett. A keveréket folyamatosan adagolják be, majd veszik ki olvadt állapotban a kemencéből. Az olvasztáshoz és az üveg tisztulásához szükséges hőmérséklet a pontos összetételtől függ, de 1300 és 1550 °C között változik. Ezeknél a hőmérsékleteknél a hőátadás döntően hősugárzással történik, főleg a kemence boltozatáról, amit a lángok egészen 1650 °C-ig melegítenek fel, illetve magával a lángok által. Minden egyes kemence kialakításnál, a hő bevitelt olyan módon valósítják meg, hogy az hőmérséklet különbségeket létrehozva az olvadékból konvekciós áramlatok recirkulációját gerjessze az olvadt keverékanyagokban, annak érdekében, hogy biztosítva legyen a formázási folyamathoz jutó készüveg állandó homogenitása. A kemencében lévő olvadt üveg tömeg állandó, az átlag tartózkodási idő 24 óra a csomagoló üveg kemencék, és 60 - 72 óra a float üveg kemencék esetében.

Elsődleges olvasztás

A keverék anyagok alacsony hővezető képessége miatt, az olvasztási folyamat kezdetben viszonylag lassú, időt hagyva a számos kémiai és fizikai folyamat lezajlásának. Az anyagok felmelegedésével a nedvesség elpárolog, az alapanyagok egy része elbomlik és az alapanyagokban megkötött gázok felszabadulnak. Az első reakciók (a karbonátok elbomlása) 500 °C körül következnek be. Az alapanyagok 750 és 1200 °C között kezdenek megolvadni. A folyósítószer hatására elsőként a homok kezd olvadni. A homokból származó szilíciumdioxid vegyül a szódából származó nátrium-oxiddal, illetve más keverékanyagokkal, szilikátokat alkotva. Ugyanekkor nagy mennyiségű gáz szabadul fel a hidrátok, karbonátok, nitrátok és szulfátok elbomlásával; ami víz, szén-dioxid, nitrogén-oxidok és kén-oxidok távozásával jár. Végül az üvegolvadék átlátszóvá válik, és ezzel befejeződik az olvasztási fázis. Az olvadék térfogata az eredeti alapanyag 35-50%-a, a gázok eltávózása, illetve a térközök eltűnése miatt.

Tisztulás és homogenizáció

Általánosságban, az üvegolvadékot teljesen homogenizálni és buborékmentesíteni kell a termék alakítás előtt. A teljes megolvadás, az összetevők egyenletes eloszlása, illetve a buborékok eltávolítása az olvadt üvegből, a legtöbb üvegtermék esetében elengedhetetlen. A buborékok eltávolítását tisztulási folyamatként definiáljuk, amely elsődleges tisztulásból (buborék növekedés, buborék felemelkedés és gázeltávózás az olvadékból) és a másodlagos tisztulásból (az olvadékból lévő buborékok oldódása a szabályozott lehűtés során) áll.

Közvetlenül az alapanyagok megolvasztása vagy fúziója után egy, oldott gázokat (levegő, CO₂), és kisebb (magok) vagy nagyobb gázbuborékokat (hólyagok) tartalmazó viszkózus olvadék keletkezik. A legtöbb homogén üvegtermék esetében (síküveg, asztali terítékáru, folyamatos üvegrost, képcső üveg, csomagoló üveg, cső stb.) az összes, vagy szinte az összes buborék eltávolítása szükséges a kívánt üvegminőség elérése érdekében. A gázok eltávolítása nem korlátozódik a buborékok, hólyagok és magok eliminációjára, hanem kiterjed az oldott gázok kihajtására is az üvegből. Az üvegolvadékban az olyan gázok, mint a nitrogén vagy a CO₂, hatékony kihajtása, csökkenti az „újraforrás” kockázatát (az újabb buborékképződést az olvadékból) és a hólyagképződést az elsődleges tisztulási folyamat előrehaladásakor, például az olvadék tüzállóanyagokkal való interakciója során. A megnövekedett buborékméret és ennek következményeként a buborék gyorsabb felemelkedése javítja a buborékok eltávolításának hatékonyságát, az üvegolvadék felszínére hozva azokat az elsődleges tisztulás

alatt. Az elsődleges tisztulás során felszabaduló gázok elősegítik a tisztulási gázok diffúzióját az olvadékban már meglévő buborékokba, amelyek el kezdenek megnövekedni és növekszik az emelkedési sebességük (a buborék emelkedési sebesség négyzetesen nő a buborék átmérővel); vagyis ez növeli a buborék méretét és ezzel a buborékok Stokes emelkedési sebességét is a viszkózus olvadékban. Az emelkedési sebesség az üvegolvadék viszkozitásának reciprokával arányos, és az üveg viszkozitást erősen meghatározza az olvadék hőmérséklete, így az a hőmérséklettel csökken. A növekvő buborékok más olyan oldott gázokat is felvesznek az olvadékból, mint a vízgőz, a CO_2 és az N_2 (kihajtás).

Az üvegolvadék elsődleges tisztulási mechanizmusa magában foglalja a buborékok buboréknövekedéssel és az olvadékban lévő gázok kihajtásával fokozott buborékemelkedéssel való eltávolítását (az oldott gázok olvadékból való eltávolítása a buborékok gáz abszorpciója révén). A másodlagos tisztulásra az olvadt üveg szabályozott lehűtésekor kerül sor, amikor a maradék buborékok abszorpciója valósul meg, a buborékok méretének csökkenését vagy teljes feloldódását eredményezve.

Miután magas hőmérsékleten alacsony a viszkozitás, illetve mivel a tisztulás kezdeti hőmérséklete felett a derítőszer elbomlanak, így az elsődleges tisztulási folyamatra az üvegolvasztó kád legmagasabb hőmérsékleti zónájában kerül sor.

Az elsődleges tisztulási folyamathoz szükséges derítő gázok felszabadulása a hőmérséklet, a keverék és az olvadék derítőszer összetétele, valamint az oxidációs állapot függvénye. A derítőszereket az alapanyag keverékhez adják és általában feloldódnak az olvadt üvegben. Magas hőmérsékleten (a keverék megolvasztásának hőmérséklete felett) a derítőszernek el kell bomlania, és disszociációs gázokat alkot (O_2 , SO_2) vagy elpárolog az olvadékból (gőzöket alkotva, amelyek meglévő buborékokba/magokba diffundálnak). Az üvegiparban leggyakrabban alkalmazott derítőszer a nátrium-szulfát, SO_2 -t és O_2 -t eredményezve az elbomláskor. Más derítőszer az arzén- és antimon-oxidokat tartalmaznak, így oxigén gázokat adnak; vagy a nátrium-klorid NaCl gőzöket. Amiatt, hogy oxigén gáz szabaduljon fel a tisztulás során, az arzénnek és antimonnak a legoxidáltabb formában kell jelen lennie; ezért néhány esetben a keverék összetételhez nitrátokat szükséges adni.

Az oxidációs állapot (redox állapot) határozza meg a többértékű ionok valencia állapotát az olvadékban és az üvegtermékben. A valencia állapot nem csak a tisztulási folyamat szempontjából fontos, de az üveg színének meghatározásához is, mivel az olyan többértékű ionok, mint a króm, a vas, a réz és a kén a valencia állapotuktól függő meghatározott színt adhatnak az üvegnek. Az üvegolvadék redox állapotát nitrát és szulfát (oxidáló szerek) vagy szén (egy redukáló szer) segítségével módosíthatjuk.

A derítőszer (kémiai tisztulás) kiválasztása a gyártani kívánt üveg típusától függ. Néhány üveg nem tartalmazhat szulfátot (pl. képcső üveg), vagy olyan derítőszer szükséges, amelyből a derítőgázok csak nagyon alacsony (kézzel fűjt üvegek) vagy nagyon magas hőmérsékleten (ahol a viszkozitás szintje megfelelően kicsi, jellemzően $<50 \text{ Pa s}$) szabadulnak fel. Szintén meghatározza a derítőszer kiválasztását az, az oxidációs állapot, amelyben az üveget meg kell olvasztani, annak érdekében, hogy a kívánt szint elérjük; néhány derítőszer csak nagyon erős oxidációs körülmények között hatékony. Mindezek miatt, a derítőszer kiválasztás függ az olvadék hőmérsékletétől, az üveg redox állapotától és környezeti megfontolásoktól. A szulfátderítőket tipikusan 1300°C felett alkalmazzák a legtöbb mész-nátronszilikát olvadékban a keverék redox állapotától függően (pl. a keverék összetételben jelenlévő szulfát és szén mértékétől függően).

A kemence atmoszférikus feltételeinek megváltoztatásakor, például a levegőről oxigéntüzelésre való átálláskor, a keverék összetételének a módosítása gyakran szükségessé válik.

A nátrium-szulfát a leggyakrabban használt derítőszer, főképp a normál síküveg, a legtöbb csomagoló üveg, a mész-nátronszilikát asztali terítékáru, a folyamatos üvegrost (E-üveg) és mész-nátronszilikát világítási üveg típusok esetében. A nátrium-szulfát nátrium-oxiddá (ami beépül az üvegbe), gáznemű kén-oxidokká és oxigén gázzá bomlik, ami abszorbalódik az üvegben, vagy távozik a kemence füstgázával.

Az olvadt üveg homogenizációja, a kád aljában lévő berendezéssel, gőz, oxigén, nitrogén vagy még gyakrabban levegő buborékok beadagolásával is elősegíthető. Ez fokozza az üveg cirkulációját és keveredését, illetve javítja a hőátadást. Néhány folyamat, mint például az optikai üveg, a kívánt nagy fokú homogenitás érdekében keverő szerkezeteket alkalmaz a kádban, a kidolgozó térben, vagy az adagoló csatornáknál. Egy másik technika, amelyet a kis kemencéknél alkalmaznak (kifejezetten a speciális üvegnél), helyi felmelegítésként ismert: az üveg hőmérsékletének növelése révén csökken a viszkozitás és a gázbuborékok könnyebben a felszínre emelkedhetnek.

Az üvegek kemencék maximális boltozat hőmérsékletei: csomagoló üvegnél 1600 °C, síküvegnél 1620 °C, speciális üvegnél 1650 °C, folyamatos üvegrostnál 1650 °C és üveggyapotnál 1400 °C (de ez lehet magasabb). [103, Beerens, Fining glass. Boron 2008]

Az üveg redox állapota

Amint az fentebb említésre került, az üveg redox állapota az üvegolvasztási folyamat egyik fontos eleme, az üvegolvasztás tisztulási állapotára való hatása, az üveg színe és infravörös abszorpciós jellemzői (hő abszorpció) miatt.

Az üveg redox állapotát gyakran méri meg az olvadék (a parciális nyomás egyensúlyban van az oldott oxigénnel) egyensúlyi oxigén nyomásának (pO_2) meghatározásával. Az olvadékban lévő oldott oxigén mennyisége főként a keverék összetételnek az oxidáló (oxigén forrás) vagy redukáló anyagok (reakció az oxigénnel és annak elnyelése) mennyiségének jelenlététől függ. Az oxidáló anyagok között a legfontosabbak a szulfátok, nitrátok és a több vegyértékű ionok a legoxidáltabb állapotukban (pl. Fe_2O_3 , Sb_2O_5 , As_2O_5 , SnO_2 , CeO_2). A tipikus redukáló anyagok a szerves vegyületek (főként az idegen cserépben vannak), a szén, a szulfidok és a redukált formában lévő több vegyértékű ionok.

Az olvadék redox állapotában lévő eltérés az üveg színének jelentős változását okozhatja. Például, a vas ferri ion jelenléte (Fe^{3+}) sárgás-barna színt ad, míg a vas ferro ion jelenléte (Fe^{2+}) kékes-zöld színt ad az üvegnek.

A redox állapot és az olvadékban lévő bizonyos több vegyértékű ionok jelenléte hatással lehet az üveg által abszorbeált hő mennyiségére, és ebből adódóan az olvasztási és formázási eljárásra.

Az üvegek néhány típusának gyártásakor, oxidáló körülmények szükségesek; ezért, olyan további oxidálószer szükséges a keverék összetételében, mint a nitrátok és az extra mennyiségű szulfátok. Amikor újrahasznosított idegen cserépet is használnak a keverékben, amely redukált üveget (barna színű üveg) vagy szerves szennyeződések (étel, és/vagy ital maradványok, papír, műanyagok) is tartalmaz, akkor gyakran extra mennyiségű oxidálószer szükséges, hogy megtartsák vagy korrigálják az üveg színét és biztosítsák a keverék összetételében a szükséges tisztulási képességeket.

Más üvegek redukáló feltételeket igényelnek, mint a barna színű üveg és a speciális zöld színek. Ezekben az esetekben, a nagyon oxidáló kemence atmoszféra az üveg színére negatív hatással lehet.

Azon olvasztási feltételek, amelyek eltéréseket okoznak az üveg redox állapotában, gyakran eredményeznek jelentős növekedést az olvasztó kemencéből való illékonyságban, és ennek következményeként a szilárd és gáz kibocsátások növekedhetnek. Ez a tünet főként a kénoxidok kibocsátását bizonyíthatja. Az olvadt üveg felszínén redukáló lánggal végzett redukció, elősegítheti az alkális elpárolgását (magnövekedett korrózió a felépítményt alkotó anyagoknak) és megnöveli a füstgázban lévő por kialakulásának lehetőségét.

Kondicionálás

Az alacsonyabb hőmérsékleten történő kondicionálási fázis az elsődleges olvasztási és a tisztulási szakaszt követi. E folyamat alatt az összes maradék oldható buborékot reabszorbalják az olvadékba. Ez idő alatt az olvadék lassan lehűl a megmunkálási hőmérsékletre, 900 és 1350 °C közé.

Keverékolvasztáskor ezek a lépések egymás után következnek, de a folyamatos üzemi kemencék esetében az egyes olvasztási fázisok a kád különböző részein egyszerre zajlanak le. A keveréket a kád egyik végén beadagolják, ez keresztülhalad a kád és az adagolócsatorna különböző zónáin, ahol megtörténik az elsődleges olvasztás, a tisztulás és a kondicionálás. A folyamatos üzemi kemencék esetében a tisztulás a legkényesebb folyamata az olvasztási fázisoknak.

Az üveg, a kádon keresztül, a keverékadagolótól (doghouse bejárata) az átfolyóig, feederek-ig vagy csatornáig, ahol eléri a feldolgozáshoz szükséges tipikus megmunkálási hőmérsékletet, nem egyenes vonalban áramlik. Az üveget eltérítik a kádban lévő különböző lehetséges áramlatok, a szabad és kényszerített konvekciós áramlásoktól függően, beleértve a recirkulációs áramokat és az álló olvasztást (holt terek) is. A keverékhalmozatot, vagy az alapanyagok hideg keverékét nem csak a felületén olvasztják, de a kádban lévő olvadt üveg révén alulról is. A keverék anyag alsó rétege alatt relatív hideg, buborékos üveg képződik, ami a kád fenekére süllyed. A megfelelő konvekciós áramlatok ezt szükségszerűen a felszínre hozzák, mivel a kád kemencében zajló tisztulás elsősorban az olvadék felszínén megy végbe, ahol a buborékoknak csak kis távolságot kell megtenniük az eltávozáshoz. A túl gyors hőáramlások akadályozzák a tisztulást, mert az üveg túl hamar eléri a kidolgozási hőmérsékletet. Az ideális üveg áramlási utak kialakítása érdekében a belső kád szerkezetébe átfolyók és gátak építhetők be.

2.3 OLVASZTÁSI TECHNIKÁK

[tm18 CPIV][19, CPIV 1998]

Ez a pont az üvegiparban használt legfontosabb olvasztási technikákat foglalja össze. A kőzetgyapot és a fritt szektor más technikákat alkalmaz, amelyeket az egyes szektorok specifikus pontjai tárgyalnak. Az olvasztási technika kiválasztása számos tényező függvénye, de leginkább a kívánt kapacitástól, az üveg kémiai összetételétől, a fűtőanyag árától, a meglévő infrastruktúrától és a környezeti teljesítménytől függ. Például, általános útmutatásként, természetesen az alábbi kritériumokat alkalmazva (ettől szükségszerűen vannak eltérések).

- a nagy kapacitású gyártósoroknál (>500 t/nap) szinte mindig keresztüzelésű regeneratív kemencéket alkalmaznak
- a közepes kapacitású gyártósoroknál (100-tól 500 t/nap) az U-lángú regeneratív kemencéket részesítik előnyben, bár keresztüzelésű regeneratív, rekuperatív unit melter,

és néhány esetben az oxy-tüzelőanyag és az elektromos olvasztók is használhatóak a körülményektől függően

- a kis kapacitású gyártósoroknál (25-től 100 t/nap) általában rekuperatív unit melter, regeneratív U-lángú kemencéket, elektromos olvasztókat és oxy-tüzelőanyag kemencéket alkalmaznak.

A 2.3 Táblázat becslést ad az EU-ban használt különböző kemencetípusokról, megjelenítve az egyes típusok számát és a kapacitásukat.

Kemence típusa	Egységek száma	(%) az egészhez	Olvasztási kapacitás (t/év)	Átlagos olvasztási kapacitás (t/nap)
U-lángú	225	35.8	16 100 000	196
Kereszttüzelésű	145	23.1	20 300 000	384
Elektromos	43	6.85	800 000	51
Oxigén	35	5.6	1 600 000	125
Rekuperatív	120	19.1	3 300 000	75
Egyéb	60	9.55	900 000	41
Összesen	628	100	43 000 000	188
<i>Forrás: [130, CPIV 2008]</i>				

2.3 Táblázat: Az EU kemence típusainak becsült adatai, 2005-ben (>20 t/nap létesítményekre)

Az üvegekemencéket általában nagy mennyiségű üveg folyamatos olvasztására tervezik jellemzően 12-14 évre, néhány esetben 20 évre vagy a feletti élettartammal, 20-tól egészen 1000 tonna közötti napi kibocsátással. Az üveget egy kádban tartják, amit megfelelő tűzálló kádkövekből alakítanak ki, általában négyszögletes alakkal boltozott mennyezettel vagy boltozattal. Az elektromos kemencék egyre gyakrabban kör alakúak, sík mennyezettel és a keverék beadagolás miatt egyik oldalukon nyitottak. A tűzálló kádköveket külső acélszerkezet tartja össze. Sokféle kemencekialakítás van használatban, amelyeket jellemzően az alkalmazott fűtési mód és égéslevegő előmelegítő rendszer, illetve az égők pozicionálása szerint különböztetnek meg.

Az üveggyártás meglehetősen energia-intenzív tevékenység, ezért az energiaforrás kiválasztása, a fűtési technika és a hő hasznosítás módja a kemence tervezésének központi kérdése. Ugyanezek a választások meghatározzák a környezeti teljesítmény és az olvasztás energiahatékonyágának néhány kiemelten fontos jellemzőjét is. Az üveggyártás három legfontosabb energiaforrása a földgáz, a tüzelőolaj és az elektromos áram. A XX. század első felében, számos üveggyártó generátorgázt használt, ami a levegő és víz izzó szénrel való reakciójából keletkezett.

Az üvegiparon belül a földgáz használata nő, a gazdaságosság, a magas fokú tisztaság és az ellenőrzés egyszerűsége miatt, illetve annak köszönhetően, hogy nem szükséges tároló létesítmények kialakítása. Tüzelőolajjal összehasonlítva, ez alacsonyabb kén-dioxid és a CO₂ kibocsátással jár, de gyakran magasabb NO_x kibocsátással.

Az iparágon belül általános vélemény, hogy az olajlángok, a gázlángokénál nagyobb hőszugárzó képességük miatt, jobban átadják a hőt az olvasztóknak. Továbbá, a távozó gázok

különböző hőkapacitása, a füstgázon keresztül, eltérő energiaveszteséget okoz a gáz- és az olajtüzelés esetében. Másrészt, az olvasztási folyamatnál használt legtöbb tüzelőolaj típust 110-120 °C-re elő kell melegíteni azért, hogy megfelelően alacsony legyen a viszkozitás az átfejtéshez, a szállításhoz és az injektáláshoz (atomizálás) az égőfejen keresztül. Számos nagy kemence földgázzal és tüzelőolajjal egyaránt üzemeltethető. A tüzelés megváltoztatásához csak az égők egyszerű cseréje szükséges. Sok esetben a gázellátási szerződés a folyamatos csúcsigényre van letárgyalva, ami szükségessé is teszi a tüzelés átállási lehetőségének kialakítását. A gáz és a tüzelőolaj közötti periodikus váltás fő oka a tüzelőanyagok relatív árának változása. A hő bevitel szabályozottságának fokozása érdekében nem szokatlan, hogy az elsődlegesen gáz-tüzelésű kemencék egy vagy két égőnyílása olajfűtésű. Az olaj és gáz vegyes használata egyre gyakoribb; ezért ez esetben egyetlen, erre alkalmas égőt használnak.

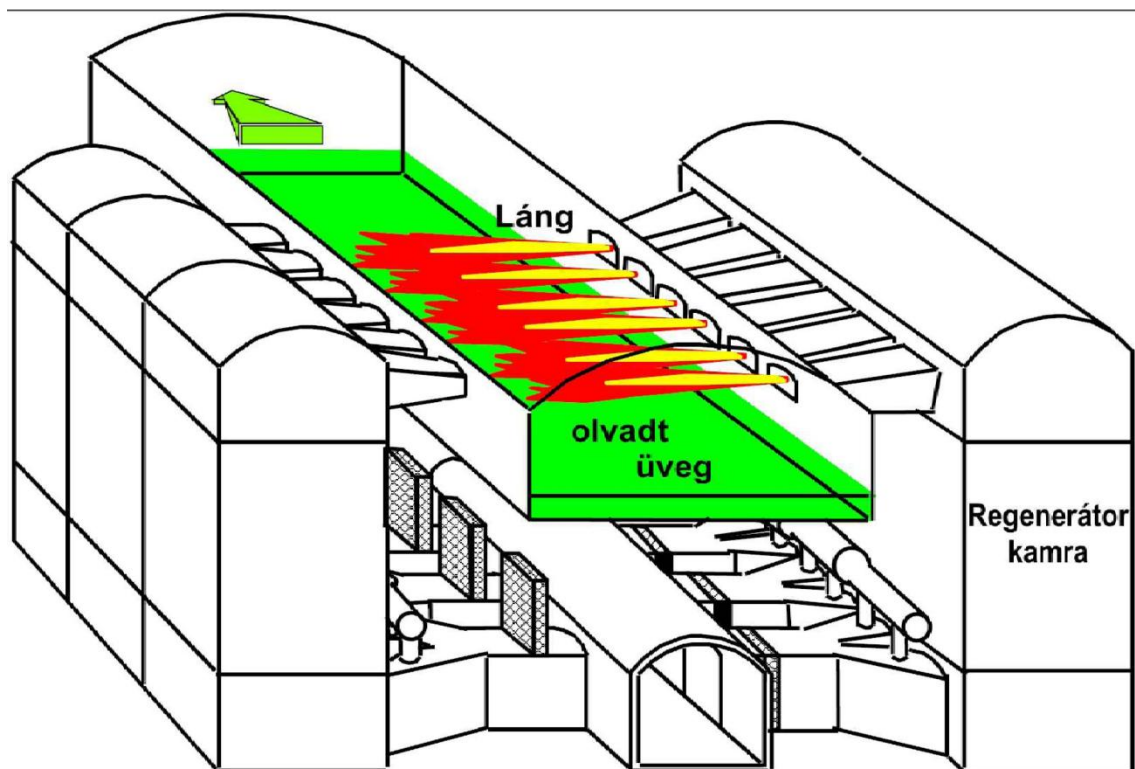
Az üveggyártás harmadik leggyakoribb energiaforrása az elektromos áram. Az elektromos áram kizárólagos energiaforrásként, illetve fosszilis tüzelőanyagokkal kombinálva is használható; ez ezen dokumentum más, vonatkozó pontjában kerül részletesen bemutatásra. Az elektromos áram energiaellátásra három alapvető módon használható: ellenállásfűtés, ahol az áram áthalad az olvadék üvegen; indukciós fűtés, ahol a hőt a környező mágneses tér változása gerjeszti; és fűtőtestek alkalmazásával. Az üvegiparon belül az ellenállásfűtés az egyetlen olyan technika, amely ipari alkalmazásra megfelelő, ezért jelen dokumentum csak ezt tárgyalja.

2.3.1 Regeneratív kemencék

[tm18 CPIV, tm1 UKDoE][19, CPIV 1998][2, UKDoE 1991]

A „regeneratív” kifejezés az üveggyártásnál használt hő hasznosítás módjára utal. A fosszilis tüzelőanyagot elégető égőket általában az égéslevegő-/füstgáz égőszájakban vagy azok alatt helyezik el. A füstgáz hőjét az égéslevegő előmelegítésére használják a tüzelés előtt. Ehhez, a hő abszorpció érdekében, a füstgázt keresztülvezetik a tűzálló anyagot tartalmazó kamrán. A kemencében egyszerre mindig csak egy vagy két égősor ég. Egy előre meghatározott idő után, általában 20 perc, a kemence tüzelési ciklusát megfordítják, és az égéslevegőt átvezetik a füstgáz által előzetesen felmelegített kamrán. A regeneratív kemencének két regenerátor kamrája van, amíg az egyik kamrát az égési folyamatból származó füstgáz fűti, addig a másik előmelegíti a bevezetett égéslevegőt. A jellemző előmelegítési hőmérséklet normálisan 1200-1350 °C között változik, néha 1400 °C -ig is felmehet.

A 2.1 Ábra vázlatosan ábrázolja a kereszttüzelésű regeneratív kemencét.

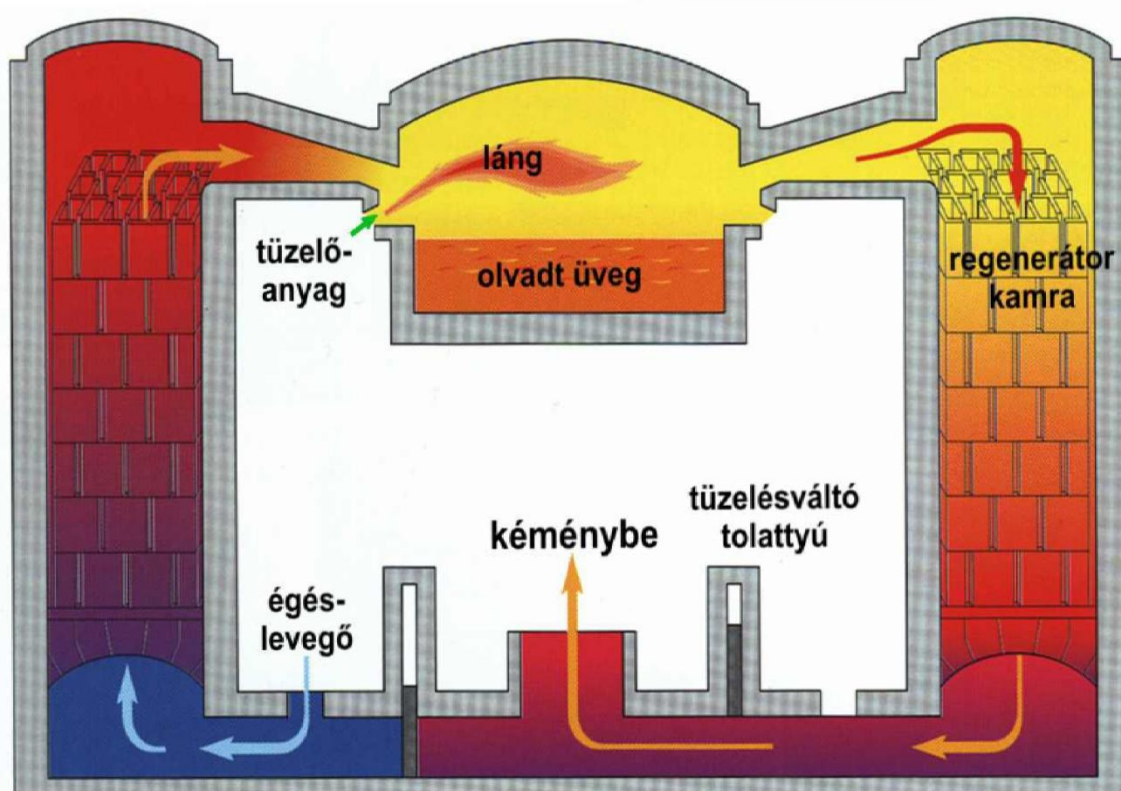


2.1 Ábra: Kereszttüzelésű regeneratív kemence

A kereszttüzelésű regeneratív kemencékben az égőszájak és az égők a kemence oldalai mentén helyezkednek el, a regenerátor kamrák pedig vagy a kemence oldalán találhatók, vagy az égőnyakakon keresztül kapcsolódnak a kemencéhez. A láng áthalad az olvadt anyag felett, és közvetlenül a szemközti égőszájakba érkezik. Az alkalmazott égőszájak száma (8-ig) a kemence méretének, kapacitásának és egyedi kialakításának függvénye. Néhány nagyobb kemence esetében minden egyes égőszájhoz külön regenerátor kamra tartozik.

Ez a kialakítás, hatékonyan hasznosítva az égők sokféleségét, elsősorban a nagy gyártósortokhoz alkalmas; lehetővé téve a hőmérséklet differenciálását a kemence hosszában, amely ahhoz szükséges, hogy az üvegolvadékban felerősödjének a kívánt konvekciós áramlások.

A 2.2 Ábra egy regeneratív kemence keresztmetszetét ábrázolja.

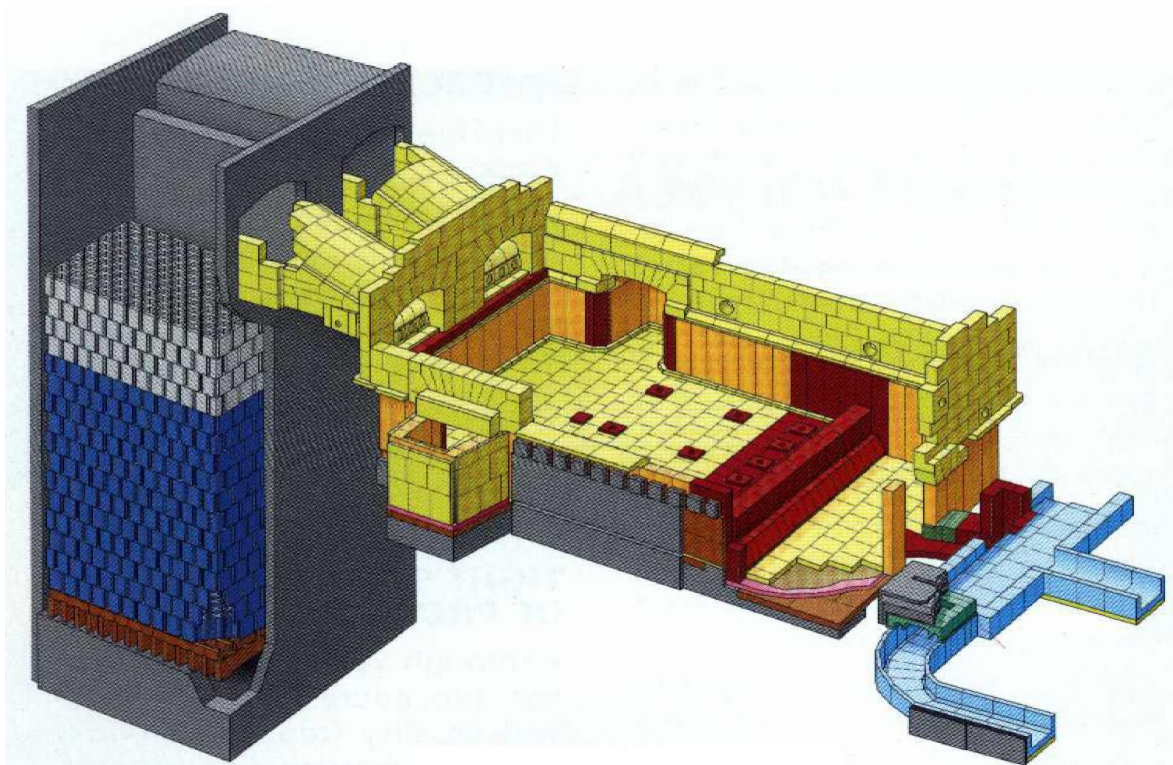


2.2 Ábra: Egy regeneratív kemence keresztmetszete

Az U-lángú regeneratív kemence működési elve ugyanaz; bár mindkét regeneratív kamra a kemence egyazon oldalán helyezkedik el, és külön égőszájjal rendelkezik. A láng útja U-alakot formáz, visszatérve a szomszédos regeneratív kamrába a második égőszájon át. Ez az elrendezés kismértékben még költséghatékonyabb regenerátor rendszer létrehozását teszi lehetővé, mint a kereszttüzelésű kialakítás, ugyanakkor kevésbé rugalmas, hogy beállítsák vele a kemence hőmérsékletgörbét, emiatt nagyobb kemencék esetében kevésbé kedvelt megoldás.

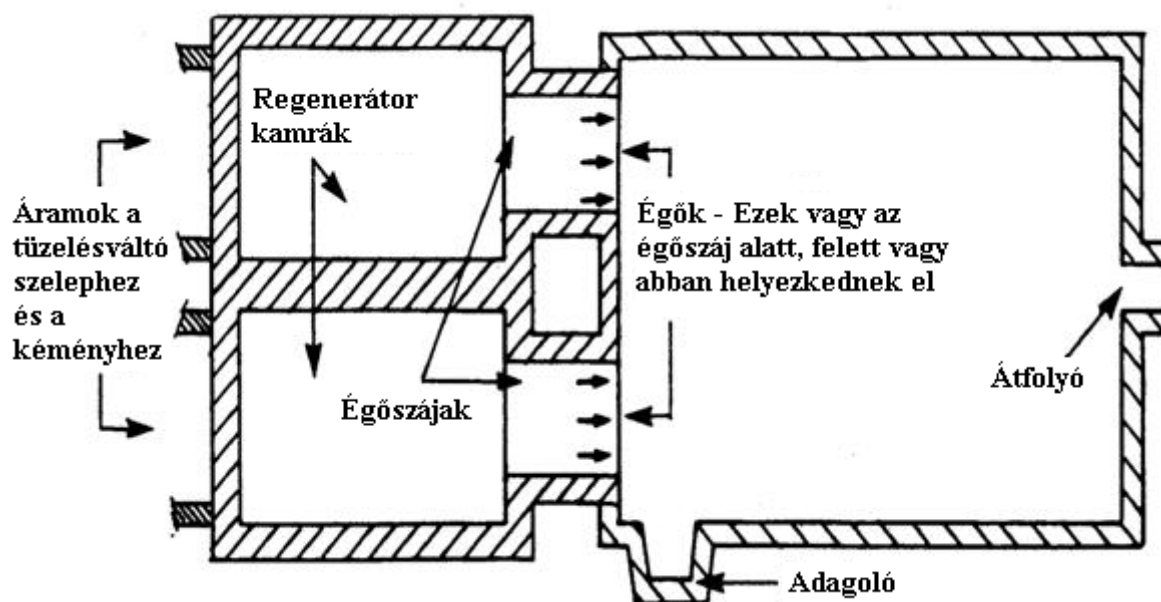
Általánosságban az U-lángú kemencék energiahatékonyabbak a kereszttüzelésű kemencéknél, az alábbi két fő ok miatt: 1. az égőszájak száma kevesebb, ezzel csökkentve az égőszájak energiavesztését, ami elég magas lehet; 2. az U-lángú kemencében a füstgázok tartózkodási ideje magasabb, mint a kereszttüzelésű kemencében, így a lángok hosszabb ideig sugározzák az energiát a keverékszőnyegnek és az üvegolvadéknak.

A 2.3 Ábra vázlatosan ábrázolja az egy-járatú U-lángú regeneratív kemencét.



2.3 Ábra: Egy-járatú U-lángú regeneratív kemence

A 2.4 Ábra U-lángú regeneratív kemence alaprajzát mutatja.



2.4 Ábra: U-lángú regeneratív kemence alaprajza

A leghagyományosabb csomagoló üveg üzemek U-lángú vagy kereszttüzelésű regeneratív kemencét használnak; illetve az összes float üveg kemence is kereszttüzelésű regeneratív kialakítású. Az előmelegítés hőmérséklete normálisan 1300-1350 °C között változik,

magasabb értékeknél 1400 °C -ig is felmehet, ami nagyon magas termikus hatékonysághoz vezet.

2.3.2 Hagyományos rekuperatív kemence

[tm18 CPIV][19, CPIV 1998]

A rekuperátor a hőhasznosítás egy másik gyakran alkalmazott formája, amelyet elsősorban kisebb kemencéknél használnak. Ennél az elrendezésnél a bejövő hideg levegőt a füstgáz folyamatos árama közvetetten melegíti elő egy fém (vagy kivételes esetekben, kerámia) hőcserélő révén. Az előmelegített levegő hőmérséklete legfeljebb 800 °C körül lehet a fém rekuperátorok esetében, ezért az e rendszerrel hasznosított hő kevesebb, mint a regeneratív kemencénél. Az alacsonyabb közvetlen energiahatékonyságot kompenzálhatják a füstgáz kiegészítő hő hasznosító rendszerei, amelyek vagy az alapanyagok előmelegítésére, vagy gőz előállításra használhatók. Azonban ezek egy következménye, hogy a hagyományos rekuperatív kemencék fajlagos olvasztási kapacitása 2 tonna/m²/napra korlátozódik, a regeneratív kemencék tipikus 3,2 tonna/m²/nap kapacitásával szemben a csomagoló üveg szektorban. Az olvasztási kapacitás ezen hiánya részben ellensúlyozható az elektromos pótűtés használatával.

Bár eredetileg az unit melter (vagy közvetlen tüzelésű) kemencéket nem szerelték fel szükségszerűen rekuperátorral, most már kizárólag így alkalmazzák őket, és a „unit melter” kifejezés azonossá vált a hagyományos rekuperatív kemencével. Az égőket a kemence oldalain helyezik el. A keltett konvektív áramlások a viszonylag alacsony hőmérsékletű keverék szőnyeg fölé, forró égésgázokat vezetnek, ami előnyös mielőtt a gázok az égőkamrából kilépnek a füstgáz szájnyíláson keresztül.

Ezt a típusú kemencét elsősorban ott használják, ahol minimális beruházási költségek mellett elvárás az üzemeltetés nagyfokú rugalmassága, kifejezetten ott, ahol az üzemméret túl kicsi ahhoz, hogy a regenerátorok használata gazdaságosan megvalósítható legyen. Ez a kemencetípus sokkal megfelelőbb a kiskapacitású gyártósorokhoz, bár nagyobb kapacitású kemencék (egészen 400 tonna/nap értékig) esetében sem szokatlan.

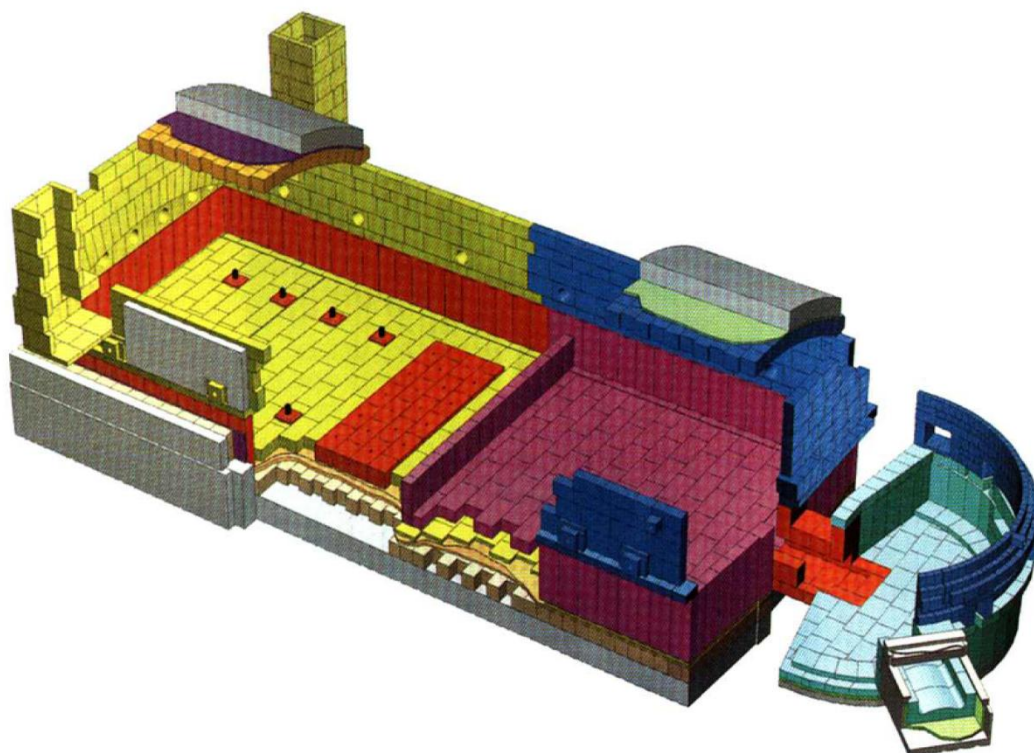
A speciális kialakítású kemencék, mint az LoNO_x[®] és Flex[®] olvasztók is rekuperatív típusú kemencék, különböző kiegészítő jellemzőkkel, amelyeket részletesebben a 3.4.2.3 pont mutat be.

2.3.3 Oxy-tüzelőanyag olvasztás

Ez a technika az égéslevegőt cseréli oxigénre (>90%-os tisztaság). A nitrogén nagy részének elhagyása a tüzelési térből körülbelül kétharmaddal csökkenti a szinte kizárólag széndioxidból és vízgőzből álló füstgáz térfogatát. Ez energia megtakarítást tesz lehetővé, hiszen a légköri nitrogént nem kell a lángok hőmérsékletére melegíteni. A termikus NO_x képződés nagymértékben lecsökken, miután a tüzelési térben nitrogén már csak az oxigénben maradó nitrogén, a tüzelőanyag nitrogénje, a nitrát bomlásából származó nitrogén, és a káros falslevegő beszívárgásból származó nitrogén formájában van jelen.

Általánosságban, az oxy-tüzelőanyag tüzelésű kemencéknek alapvetően azonos az unit melterekkel a kialakításuk, több oldalégővel és egyetlen füstgáz kivezetéssel. Az oxigéntüzeléssel kialakított kemencék ugyanakkor az égők oxigén ellátásának előmelegítéséhez nem használnak hőhasznosító rendszereket.

Bár az oxy-tüzelőanyag tüzelési technológia az üvegipar egyes szektoraiban (pl. folyamatos üvegrost, néhány speciális üvegtípus) általánosan használt, más szektorokban még mindig fejlődő technológiaként kezelik a potenciálisan magas pénzügyi kockázatok miatt. Mindemellett figyelemre méltó fejlődés zajlik e téren, és az üzemek számának növekedésével a technika egyre szélesebb körben válik elfogadottá. Ezt a technikát a 3.4.2.5 pont tárgyalja részletebben. Lásd a 2.5 Ábrát.

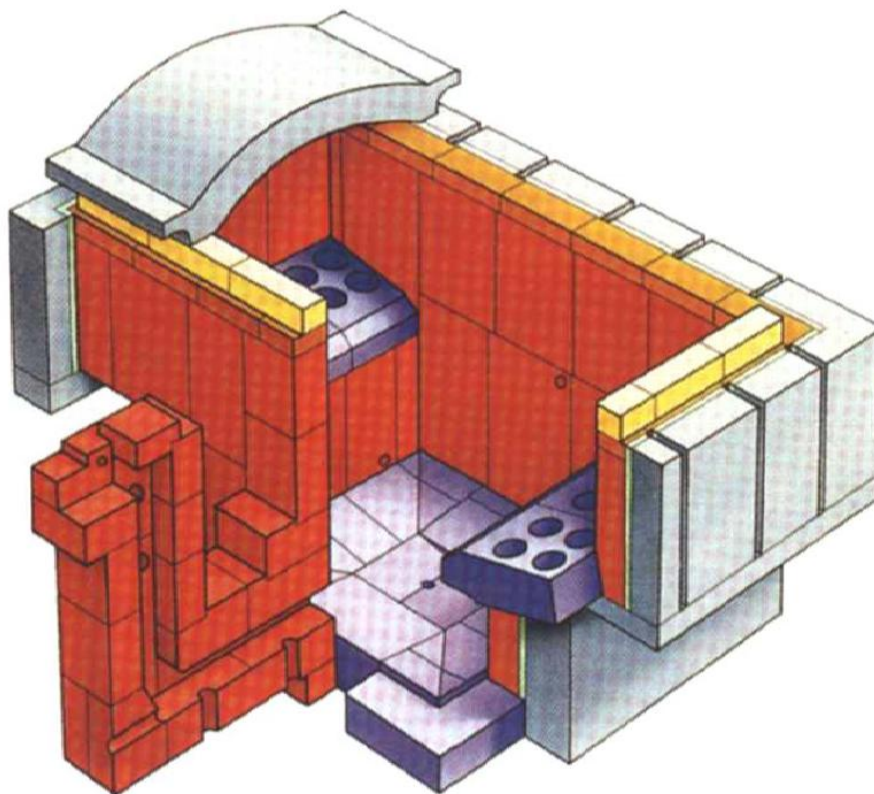


2.5 Ábra: Oxy-tüzelőanyag kemence

2.3.4 Elektromos olvasztás

[tm18 CPIV, tm8 S2 3.03, tm1 UKDoE][19, CPIV 1998][9, S2 3.03 1996][2, UKDoE 1991]

Az elektromos kemence tűzálló anyagból kirakott kád, amelyet acélkeret fog össze, a kemencébe az elektródákat oldalról, felülről, vagy még gyakrabban alulról helyezik be. Az olvasztáshoz szükséges energia ellenállásfűtés, amely az áram olvadt üvegen történő áthaladásával jön létre. Ugyanakkor a kemence beindításakor, minden egyes üzemperiódus kezdetekor fosszilis tüzelőanyag használata is szükséges. A kemence folyamatos üzemű, élettartama 2 és 7 év között van. Az olvadt üveg tetejét egy réteg keverékanyag fedi, ami fokozatosan olvad lentől felfelé, igazolva a „hideg-boltozatú” olvasztó kifejezést. Az új keverékanyagot az olvadék tetejére adagolják, általában egy, a teljes terület felett mozgó szállítószalaggal. A legtöbb elektromos kemencét felszerelik zsákos szűrő rendszerrel, és az összegyűjtött anyagot újrahasznosítják. Lásd a 2.6 Ábrát.



2.6 Ábra: Elektromos kemence

A technikát jellemzően a kis kemencék esetében, elsősorban speciális üvegnél alkalmazzák. Ennek fő oka, hogy a fosszilis tüzelőanyag tüzelésű kemencék termikus hatékonysága a kemence méretével együtt csökken, és az egy tonna olvadékra eső hő veszteség kis kemencéknél viszonylag magas lehet. Ezzel összehasonlítva az elektromos kemencék hő vesztesége jóval kisebb, és ezért kis kemencéknél az elektromos és a fosszilis tüzelőanyag fűtés olvasztási költségének különbsége kisebb, mint a nagyobb kemencéknél. Kis kemencék esetében az elektromos olvasztás további előnye az alacsonyabb újraépítési költség, az egyszerűbb üzemeltetés és a jobb környezeti teljesítmény a közvetlen kibocsátásoknál. Mindazonáltal, a teljes gazdasági és környezeti felmérésnek magába kellene foglalnia a közvetett kibocsátásokat is.

Az elektromos kemencék méretének felső határát a gazdasági életképesség határozza meg, ami szorosan összefügg az érvényes elektromos áram fosszilis tüzelőanyagokhoz viszonyított költségével. Az elektromos kemencék egy kemence-négyzetméterre eső olvasztási sebessége általában magasabb, és termikus hatékonyságuk (a kemencébe bevitt energiát alapul véve, nem pedig az elektromos áram előállításához szükséges elsődleges energiát) kétszer, háromszor jobb, mint a fosszilis tüzelőanyag tüzelésűeké. A nagyobb kemencék esetében azonban ez gyakran nem elég az elektromos áram magasabb költségének kompenzálásához.

Az elektromos olvasztás esetében, a tüzelés hiánya miatt, rendkívül alacsony a füstgáz térfogata, ennek következményeként alacsony a részecske kiporzás és kisméretű a másodlagos csökkentési berendezés. Az illó keverék összetevők kibocsátása a keverékszőnyegből jelentősen alacsonyabb, mint a hagyományos kemencék esetében, a mérsékelt gázáramlás, gázabszorpció és gáznemű kibocsátási reakciók miatt. A karbonát tartalmú keverékanyagokból a fő gázkibocsátás a szén-dioxid.

Ugyanakkor globálisan szemlélve, ezeket az előnyöket szembe kell állítani az erőműveknél felmerülő kibocsátásokkal, valamint az energiatermelés és elosztás hatékonyságával.

Az elektromos olvasztás bonyodalmának oka a nátrium-nitrát és a kálium-nitrát használata a keverékben. Az üvegiparban általános vélemény, hogy a hideg-boltozatú elektromos kemencék esetében, a stabil, biztonságos és hatékony gyártási folyamat megfelelő oxidációs körülményeinek biztosításához nitrát szükséges. A nitráttal az a probléma, hogy a kemencében lebomolva nitrogén-oxidok szabadulnak fel.

Ez nem minden elektromos olvasztással gyártott üveg esetében áll fenn. Példaként, a magas hőmérsékletű szigetelő üveggyapotnál (ASW/RCF és AES) a keverék összetétel nem igényli a nitrátok alkalmazását.

2.3.5 Kombinált, fosszilis tüzelőanyagú és elektromos olvasztás

[tm18 CPIV, tm8 S2 3.03][19, CPIV 1998][9, S2 3.03 1996]

Ezen technika használatára két elvi megközelítés létezik: meghatározóan fosszilis tüzelőanyag tüzelés elektromos pótfűtéssel; vagy meghatározóan elektromos fűtés fosszilis tüzelőanyag rásegítéssel. Az egyes fűtési módok pontos aránya technikánként változhat.

Az elektromos pótfűtés egy módszere a plusz hő bevitelének az olvasztó kemence üvegolvadékába, hogy az elektromos áramot az oldal falakon elhelyezett (vízszintes elektródák) vagy a kád alján lévő (függőleges elektródák) elektródákon át vezetik be. Leggyakrabban, rúd alakú elektródákat használnak, ám elektróda lapokat is szintén alkalmaznak az üvegiparban. Az üvegiparban e technika a fosszilis tüzelőanyag tüzelésű kemencéknél általánosan alkalmazott. Hagyományosan arra használják, hogy növeljék a fosszilis tüzelőanyag tüzelésű kemencék átmenő teljesítményét illeszkedve a kereslet periodikus változásához, a nagyobb kemencék üzemeltetéséhez kapcsolódó fix költségek felmerülése nélkül. A technika a kemence üzemelése közben is beépíthető, és gyakran használják a kemence-kihozatal növelésére, amikor az már az üzemelési élettartamának végéhez közeledik, vagy, hogy emeljék a meglévő kemence kapacitását.

Az elektromos pótfűtés a kemence környezeti teljesítményének javítására is használható, a tüzelés elektromos fűtéssel való helyettesítésével a kihozatal meghatározott mértékében. Bár magasabb érték is elérhető lenne, általában a teljes energia bevitel 5-20%-át biztosítják elektromos pótfűtéssel. Az alapmennyiség gyártására azonban hosszú távon nem használnak nagy arányban elektromos pótfűtést a magas üzemeltetési költségek miatt. Színezett üveg esetében az elektromos pótfűtést változó mértékben gyakran használják a zöld és a barnaüveg alacsony sugárzó hő átadása miatt. Elektromos pótfűtés esetén, az elektródák extra hőt biztosítanak különösen az alacsonyabban lévő olvadt üveg rétegénél a kádban.

Kevésbé gyakori technika a gáz vagy olaj használata kiegészítő tüzelőanyagként a lényegében elektromos árammal fűtött kemencénél. Ez egyszerűen a keverékanyag felszíne feletti tüzelés lángjait jelenti, hogy ezzel további hő bevitel legyen és elősegítsék az olvadást. A technikát esetenként túlégetésként említik, illetve gyakran használják a 100%-ban elektromos olvasztásból eredő üzemeltetési nehézségek elhárítására.

2.3.6 Szakaszos keverékolvasztás

[tm21 Schott][22, Schott 1996]

Ahol kismennyiségű üvegre van szükség, főleg, ha az üvegösszetétel rendszeresen változik, gazdaságtalan lehet a folyamatos üzemű kemence üzemeltetése. Ezekben az esetekben fazekas kemencét vagy nappali kádat használnak az alapanyagok meghatározott keverékének megolvasztására. Ezen üvegipari folyamatok legtöbbje nem esik a Direktíva felügyelete alá, mert olvasztási kapacitásuk valószínűleg alacsonyabb, mint napi 20 tonna. A háztartási és speciális üveg szektorban azonban van néhány példa, ahol a kapacitások meghaladják ezt a szintet, főképp, ahol több, kisebb kemence üzemeltetését is végezik ugyanabban a létesítményben.

A fazekas kemence belső falai tűzálló téglából, ívelt boltozata szilika téglából, külső falai szigetelő téglából épülnek fel általában. Alapvetően a fazekas kemence egy, az égéslevegő előmelegítésére szolgáló (vagy egy regeneratív vagy egy rekuperatív rendszer) alsó részből, és egy felső részből áll, ami a fazekakat tartja és olvasztókamraként szolgál. A felső rész 6-12 tűzálló agyagfazekat tart, amelyek mindegyikében különböző típusú üveg olvasztása történhet.

Kétféle fazekat különböztetünk meg, a nyitott és zárt fazekat. A nyitott fazéknak nincs teteje és az üveg nyitott a kemence légtér felé. A zárt fazék zárt, és csak a kidolgozó nyílás felől nyitott. Nyitott fazekak esetében a hőmérsékletet a kemence tüzelésének beállításával szabályozzák; zárt fazekak esetében a tüzelés állandó, és a hőmérsékletet a kidolgozó nyílás nyitásával vagy zárásával szabályozzák. Az egyes fazekak kapacitása jellemzően 100 és 500 kg között változik, élettartamuk folyamatos üzem mellett 2-3 hónap között van.

A kemencét mindennap 24 órában fűtik, de a hőmérséklet a gyártási fázisnak megfelelően változik (zárt fazekak esetében csak az üveghőmérséklet). A keveréket általában délután beadagolják a fazekakba és este megolvasztják; majd éjszaka, az olvadék tisztulásához, felemelik a hőmérsékletet, így az üveg kidolgozása következő reggel történhet meg. Az olvasztás alatt a hőmérséklet, az üveg típusától függően, 1300 és 1600 °C közé emelkedik, majd az üveg kiszedése és megmunkálása a kemence 900 és 1200 °C közötti hőmérsékleténél történik.

A nappali kádak a fazekas kemencék nagyobb kapacitású továbbfejlesztett változatai, napi kapacitásuk a 10 tonnás nagyságrendben mozog. Szerkezetileg sokkal inkább emlékeztetnek a hagyományos kemencék négyszögletességére, de mégis minden nap újratöltik őket keverékkel. Az olvasztás jellemzően éjszaka történik, és az üveg a következő nap kerül feldolgozásra. A nappali kádak lehetővé teszik az olvasztandó üvegtípus nagyon rövid idő alatt történő cseréjét, és elsősorban színezett üveg, kristályüveg, lágy speciális üvegek és frittek (kerámia és zománc) esetén használatosak.

2.3.7 Speciális olvasztó kialakítások

[SORG LoNO_x, SORG Flex][59, SORG 1999][60, SORG 1999]

Az NO_x kibocsátások csökkentésére irányuló figyelem néhány kemence tervezőt arra késztetett, hogy olyan unit melter típusú kemencéket alakítson ki, amelyek különböző tulajdonságok ötvözésével alacsonyabb láng hőmérsékletet tesznek lehetővé. Ezen típusok közül a legismertebb az LoNO_x[®] olvasztó.

Az $\text{LoNO}_x^{\text{®}}$ olvasztó egy rekuperatív típusú kemence, amely a kismélységű tisztuló kád és az alapanyag előmelegítés kombinációját használja az alacsonyabb NO_x szint elérése érdekében, a potenciálisan kisebb termikus teljesítmény veszélye nélkül. A kismélységű tisztuló kád a fontos meghatározó áramot arra kényszeríti, hogy közel haladjon az üvegkád felszínéhez, ezzel csökkentve a hőmérséklet különbséget közte és a kemence felépítmény között. A kemence alacsonyabb hőmérsékleten üzemeltethető, mint a hasonló hagyományos kemence. A technikát részleteiben a 3.4.2.3 pont ismerteti.

Egy másik új kemence kialakítás a Flex[®] olvasztó, amely alapvetően a fazekas kemencék és a nappali kádak alternatívájaként került piacra. Ez egy kompakt kemence, amely elektromos áram és földgáz kombinációját használja, alacsony üzemelési hőmérséklettel és alacsony energiafelhasználással. A kemence, olvasztó és tisztuló részekre tagolható, amelyeket az átfolyó köt össze. A tisztuló tér egy kis mélységű padozatot követő mélyebb részből áll. Az olvasztótér elektromosan fűtött, míg a tisztuló rész gázfűtésű, de a bemenetnél még elektródák elhelyezhetők. A tisztuló térből a füstgáz áthalad az olvasztótéren, illetve a keverék felett. Néhány alacsony ív megakadályozza, hogy kemence melegebb részéről a hősugárzás eljusson a hidegebb területekre, így a füstgáz energiájának nagy részét átadja a keveréknek.

A kemence rugalmasságának az alapja az olvasztási és tisztulási tér elválasztása. A leállás időszakában a hőmérsékletet lecsökkentik, és mérséklődik a tisztulásból származó elpárolgás. Huzat nem szükséges, és az üveg kis mennyisége miatt a normál üzemelési hőmérséklet gyorsan visszaáll. A kis mennyiség az összetétel gyors változtatását is lehetővé teszi.

2.4 CSOMAGOLÓ ÜVEG

[tm18 CPIV, tm1 UKDoE][19, CPIV 1998][2, UKDoE 1991]

Ez a pont mésznátron és a módosított mésznátron alapú csomagoló üveg teljesen automata gyártásával foglalkozik. Az egyéb termékek gyártása a háztartási és a speciális üveg szektorokhoz tartozik. A csomagoló üveg jellemző összetételét a lenti 2.4 Táblázat mutatja. A szektor sokfélesége miatt a 2.3 pontban leírt olvasztási technikák szinte mindegyike megtalálható a csomagoló üveg gyártásban.

Összetevő	Százalék
Szilícium-oxid (SiO_2)	71-73
Nátrium-oxid (Na_2O)	12-14
Kalcium-oxid (CaO)	9-12
Magnézium-oxid (MgO)	0.2-3.5
Alumínium-oxid (Al_2O_3)	1-3
Kálium-oxid (K_2O)	0.3-1.5
Kén-trioxid (SO_3)	0.05-0.3
Színmódosítók, stb.	Nyomokban

2.4 Táblázat: A csomagoló üveg jellemző összetétele

Az eljárás kialakításakor a legfontosabb figyelembe veendő paraméterek: a kemence típusa és kapacitása (regenerátorokkal együtt), az elérhető energiaforrások összetétele (olaj, gáz, elektromos áram), a várható cserép felhasználás és a változtathatóság igénye (színek, a készáru súlya és formája stb.).

A leggyakrabban és legszélesebb körben alkalmazott olvasztási technika a csomagoló üveg iparban az U-lángú regeneratív kemence, az olvasztási kapacitás széles spektruma és a piaci igények kiszolgálásához szükséges változatosság miatt. A leggyakrabban használt kemence kapacitás a 300-350 t/nap.

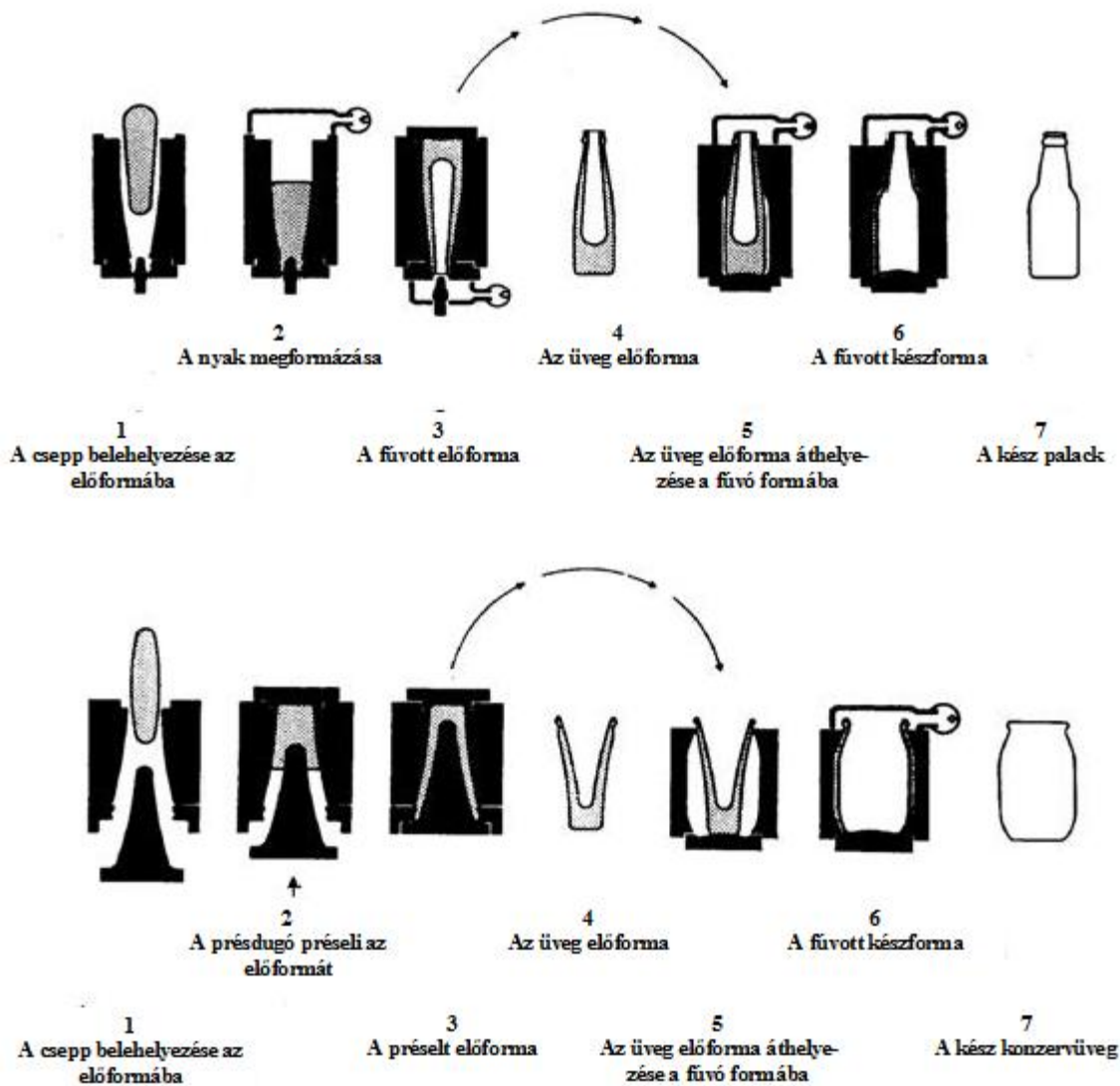
A csomagoló üveget kétlépcsős formázási folyamatban gyártják a préselés és a fúvás technikáját alkalmazva. Az automata palackgyártásnak öt lényeges lépése van:

1. Egy megfelelő súlyú és hőmérsékletű olvadt üveg darab (csepp) előállítása.
2. Az üveg előforma kialakítása az első formában (fém előforma) préseléssel sűrített levegő (fúvó) vagy fém présdugó (nyomó) révén.
3. Az üveg előforma (előforma vagy banka) átadása a fém készformába (készforma).
4. Az alakítási folyamat befejezése azáltal, hogy a csomagoló üveget, sűrített levegővel, a készforma alakjára fűjják.
5. A késztermék továbbítása a formázás utáni műveletekhez.

Az olvadt üveg a kemencéből az adagolócsatorna mentén, a végén a cseppadagoló csatornába (kifolyókő) áramlik. A cseppadagoló csatorna aljából egytől négy párhuzamos üvegfolyamot alakítanak ki megfelelően méretezett nyílásokkal. Ezeket az üvegfolyamokat, egy mechanikus présdugó rendszerrel szabályozva, ollószerkezet vágja pontosan méretre, hogy kialakuljon egy kezdetleges, kolbász alakú, üveg „csepp”. A cseppek kialakításának teljes folyamatát „adagoló mechanizmusnak” hívják. A cseppeket egyszerre vágják a párhuzamos üvegfolyamokból, majd a formázó gépeken egyszerre alakítják a párhuzamos formákban. Ezeket szimpla-, dupla-, tripla- vagy négycseppek adagolóknak hívják, kisebb méretű csomagoló üvegek nagy mennyiségű gyártása esetén ez utóbbit alkalmazzák. A duplacseppek adagolók használata a legáltalánosabb. A csomagoló üveg kemencék két vagy több ilyen formázó gépet látnak el, mindegyiket saját adagolócsatornáján át.

Az ollókat víz és oldható olaj keverékével fűjják be, hogy megakadályozzák a túlmelegedést, illetve, hogy az üveg hozzájuk ragadjon. Az adagoló szerkezetből a cseppeket csúszdarendszer irányítja a formázó gép előformájába.

Az alakítást két lépcsőben végzik, ahogyan azt a 2.7 Ábra mutatja. Az előforma formázását vagy présdugóval történő préseléssel, vagy sűrített levegővel történő fúvással végzik, a csomagoló üveg típusának megfelelően. A készre alakítás művelete mindig fúvás, a végleges öblös forma elérésére. A két folyamatot ezért „prés-fúvó”, illetve „fúvó-fúvó”-nak hívják. A formázott csomagoló üvegeket a formázás utáni műveletekhez folyamatos szállítószalagra helyezik. Kifejezetten a prés-fúvó eljárást alkalmazzák konzervüveg gyártásakor, de szintén széles körben használják könnyű palackok gyártásakor. A fúvó-fúvó alakítás változatosabb, ezt részesítik előnyben a normál súlyú palackok, illetve az összetettebb formák gyártása során. A két fő alakítási folyamat egyszerűsített ábráját mutatja a 2.7 Ábra.



Palackformázás: (fent) fúvó-fúvó; (lent) prés-fúvó

2.7 Ábra: Prés-fúvó formázás, illetve fúvó-fúvó formázás

A formázási folyamat alatt az üveg hőmérsékletét 600 °C-ig hűtik annak érdekében, hogy kellő szilárdságúak legyenek a csomagoló üvegek a szállítószalagra helyezéshez. A hő elvonást a formákba és a formákon átfúvott nagymennyiségű levegővel érik el. Annak érdekében, hogy elkerüljék az üveg formába ragadását különböző, magas hőmérsékleten használható, grafit alapú síkosító szert alkalmaznak manuálisan vagy automatikusan a forma bizonyos részein („kenés”). A formákat rendszeresen tisztítani és karbantartani szükséges.

Az adagolócsatornában mozgó üvegáramot állandó értéken kell tartani azért, hogy biztosítsák a formázáshoz adagolt üvegnek a szükséges hőmérséklet stabilitást, viszkozitást és homogenitást. Ha a formázási folyamatot valamelyik szakasznál megszakítják, a forró üvegcspepeket a csúszdák az alapszintre vezetik, ahol vízzel hűtik, törlik, majd visszaviszik a keverőházba, ahol más gyártási selejttel saját cserépként kerül újrahasznosításra.

A legkorábbi automata gépek forgó kialakításúak voltak, és bár az asztali terítékáru még alkalmazza ezt az elvet, a csomagoló üveg gyártás szinte kizárólag a rugalmasabb soros Önálló Szekció (Individual Section-IS) gépeket használja. Az IS gép több egymás mellett

felsorakoztatott, önálló csomagoló üveg gyártó egységből (szekció) áll. Mindegyik szekciónak a párhuzamosan formázandó cseppek számával megegyező formaürege van. A cseppeket egymást követően juttatják a különböző szekciókhoz a vezető csatorna és a vályú rendszer révén (cseppelosztás és adagolás). Az IS gépek jellemzően 6-20 szekcióból állnak, a mennyiségtől és a kiszolgált piac típusától függően. Az IS gépek egyik legjelentősebb előnye, szekciók egymástól független megállításának lehetősége a formarészek beállítására és cseréjére.

Az automata csomagoló üveg gyártás használható szinte minden méretű, formájú és színű palack és konzervüveg előállítására. Minél egyszerűbb a forma, annál magasabb a gyártási sebesség; a könnyű, kerek sörösüveg gyártási sebessége 750/perc, egy négycseppez, 12 soros IS gépen.

A csomagoló üvegek külső felületének gyors lehűlése nagy feszültségkülönbséget okoz az üvegben, és ennek következményeként törékenységet. Ennek kiküszöbölésére, a csomagoló üvegeket egy folyamatos feszültség mentesítő kemencén (hűtőszalag) vezetik keresztül, ahol visszamelegítik 550 °C-ra, majd szabályozott körülmények között hűtik a további feszültségek kialakulásának megelőzése érdekében. A hűtőket gázzal vagy elektromos árammal fűtik, de ha egyszer eléri az üzemhőmérsékletet, a továbbiakban a beérkező csomagoló üvegek hője biztosítja a fűtési energia nagy részét. Megfelelően lehűtve, automatikusan megvizsgálunk minden csomagoló üveget, automatikusan selejtezik őket a tűréshatáron kívül eső és más minőségi problémák miatt. A vizsgálat után a terméket rakodólapra gyűjtik kartonban, vagy ömlesztetten, csomagolják és raktározzák a vevőhöz történő kiszállítás előtt.

A gyártás teljes hatékonyságát a „csomagolt/olvadék” aránnyal mérik; pl. a (szállításra) becsomagolt csomagoló üveg tonnája hány százaléka a kemencében megolvasztott üveg tonnájának. Az élelmiszer- és italtároló gyártósorok 85% és 94% közötti olvadékarányt érnek el általában. A nagyobb értékű parfüm és gyógyszerészeti termékek ellenőrzése szigorúbb, és a csomagolt/olvadék arányok átlaga 70% körül van.

A termék teljesítmény javítására felületi bevonat alkalmazható közvetlenül a formázást követően, amíg az árucikkek 500 °C feletti hőmérsékletűek („melegvégi bevonás”, gyakran SnO₂-vel), vagy a feszültség mentesítést követően („hidegvégi bevonás”, bevonás polimerrel). A gyakorlatban mindig a melegvégi és a hidegvégi bevonások kombinációját alkalmazzák. Általában, a csomagoló üvegek külső felületén alkalmazzák a bevonatokat.

A csomagoló üvegeket különböző becsomagoló, kicsomagoló, töltő és újracsomagoló rendszerek vizsgálatának vetik alá. A csomagoló üvegek közötti sérülések elkerülésére, illetve, hogy azok sérülés nélkül haladjanak keresztül a terelőrendszereken, a feszültség mentesítő hűtőszalag hideg végén kenést alkalmazhatnak a terméken. A használt anyagok élelmiszerekhez használható olajsav és polietilén alapú termékek, amelyeket hígított vizes oldatként szórják, vagy gőzzel együtt viszik fel. Ezek a kezelések, általában, nem emelik jelentősen a környezeti kibocsátásokat.

A meleg felületi bevonatok, általában nagyon finom ón-oxid vagy titán-oxid bevonatok, közvetlenül azt követően alkalmazhatók, ahogy a csomagoló üveg elhagyja a formázógépet. A hideg felületi bevonat kenéssel kiegészítve megóvjaa az üveg felületét a további használat során. A fém-oxid bevonat olyan alapként viselkedik, amely a szerves kenő molekulákat az üveg felszínén tartja, ami nagy karcállóságot tesz lehetővé egyszerű, élelmiszerekhez

használható kenőanyagokkal. A melegvégi kezelés szintén erősíti a mechanikai ellenálló képességet.

A kezeléseknek láthatatlannak és ezért rendkívül vékonyaknak kell lenniük. A meleg felületi kezelés vastagsága jellemzően $<0.01 \mu\text{m}$. Azért, hogy egyenletes bevonatvastagságot érjenek el, vízmentes ón- vagy titán-kloridokat, illetve speciális szerves-fém vegyületeket használva, kémiai gőz lecsapatást (CVD) alkalmaznak. A felhasznált anyag mennyisége minden esetben alacsony, a gyártási sebességtől függően, gyártási soronként nagyságrendileg 2 és 10 kg/nap.

A csomagoló üvegeket a gyártást követően, bizonyos esetekben, hogy dekorálják, illetve azonosítóval lássák el, másodlagos eljárásnak vetik alá, a vevőhöz való kiszállítás előtt. Ez nyomás-érzékeny vagy hőre zsugorodó címke, illetve beégetett kerámia dekoráció formájában történhet.

2.5 SÍKÜVEG

[tm18 CPIV][19, CPIV 1998]

A „síküveg” kifejezés az összes sík formában gyártott üveget magába foglalja, függetlenül a gyártási módtól. Mindazonáltal, e dokumentum céljai miatt csak a float üveg gyártás van itt leírva. A legtöbb, más kereskedelemileg gyártott síküveg vagy a speciális üveg szektorban kerül leírásra (pl. kerámia főzőlapok), vagy alatta vannak a Direktívában specifikált 20 t/nap termelésnek. Elavultnak tekinthetők az Európai Unióban, az építészeti és autóipari alkalmazások nagy mennyiségű síküvegeinek egyéb gyártási módszerei. A legtöbb síküveget az alap mésznátron összetétellel gyártják; egy jellemző float üveg összetétel a 2.5 Táblázatban van megadva. A float üveget és a hengerelt üveget csaknem kizárólag kereszttüzelésű regeneratív kemencékkel gyártják.

Összetevő	Százalék
Szilícium-oxid (SiO_2)	72.6
Nátrium-oxid (Na_2O)	13.6
Kalcium-oxid (CaO)	8.6
Magnézium-oxid (MgO)	4.1
Alumínium-oxid (Al_2O_3)	0.7
Kálium-oxid (K_2O)	0.3
Kén-trioxid (SO_3)	0.17
Kisebbségi anyagok (színmódosítók és véletlen szennyeződések az alapanyagokból)	Nyomokban

2.5 Táblázat: Jellemző síküveg összetétel

2.5.1 Float üveg eljárás

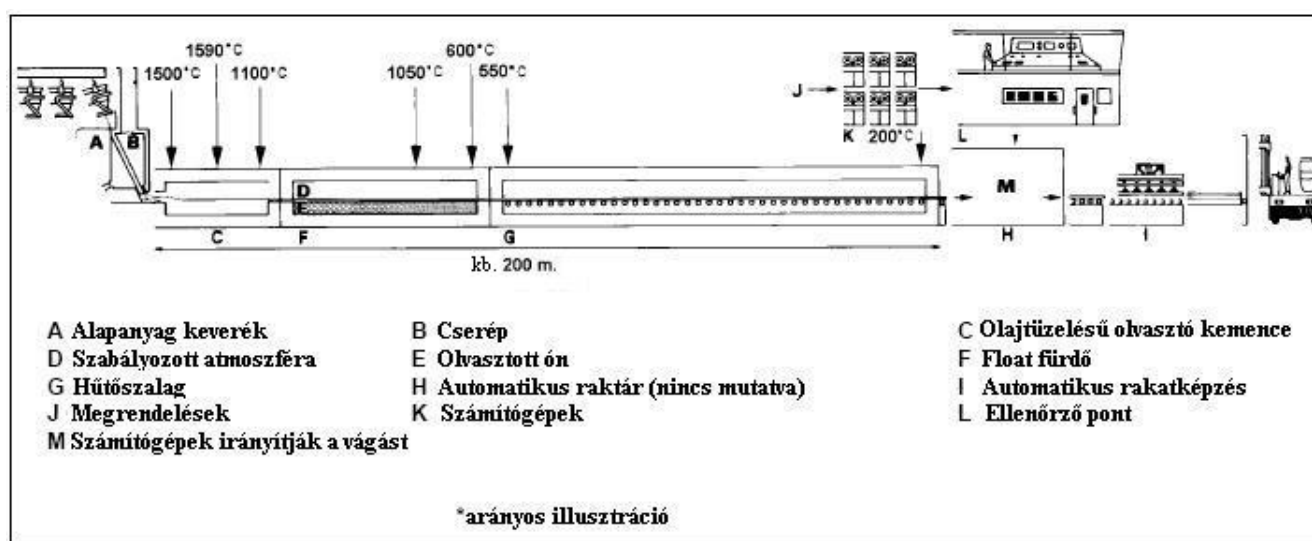
A float eljárás alapelve, hogy olvadt üveget vezessünk egy olvadt ónfürdőre, és olyan üvegszalagot alakítsunk ki, amelynek a felső és alsó felülete párhuzamossá válik a nehézségi erő és felületi feszültség hatására.

Az olvadt ónt tartalmazó float kád (vagy fürdő) tűzálló blokkokból van kirakva, amelyet acél burkolattal látnak el, acél szerkezettel támasztanak meg. A float kád kb. 55-60 m hosszú, 4-10 m széles és 15-20 részre van felosztva. A kád légmentesen zárt, és nitrogén és hidrogén keverékének a bejuttatásával enyhén redukáló atmoszférát tartanak fenn. Alapvető, hogy az ón felszínének az oxidációját megelőzzük, ez károsítaná az üveg és az ón meghatározó fontosságú érintkezési felületét. Az ónt azért használják a fürdő folyadékaként, mert ez az

egyetlen olyan anyag, amelyik a kívánt hőmérséklet tartomány fölött úgy folyadék, hogy nincs számottevő gőznyomása.

A kemencéből származó olvadt üveg tűzállóanyagból kirakott csatornán folyik keresztül, amely fűthető, hogy a megfelelő üveg hőmérsékletet tarthassák. A csatorna végén, az üveget az ónfürdő felültére vezetik egy speciális tűzálló kifolyókövön („the spout”) keresztül, amelyik biztosítja a megfelelő szétterülést. Az üvegfolymot a csatornába merített beállítható függesztett tűzálló zárókövel (the front „tweel”) szabályozzák. Ahol az üveg először érintkezik az ónnal, ott a hőmérséklet kb. 1000 °C, ami kb. 600 °C -ra hűl le a fürdő kijáratánál. Ahogy végig halad a fürdő felszínén, egy egyenletes vastagságot nyer el az üveg, és feltételezhetően az olvadt ón majdnem tökéletes simaságát.

A 2.8 Ábra float üveg eljárás vázlatos folyamatát mutatja be.



2.8 Ábra: Float üveg eljárás

A float kádon belül van néhány vízhűtésű hosszirányban, magasságban, benyúlásban és irányszögben beállítható ún. széltartó/bortnifogó görgő pár. Ezek a fogaskerékekkel ellátott görgők fogják az üvegszalag mindkét szélét, és húzzák hosszirányban és szélirányban. Az üvegáram és a görgők forgási sebessége segít beállítani az üvegvastagságát, jellemzően 1.5-től 19 mm-ig. Az ón felszínén, az üvegnek van egy természetes maximális vastagsága, és hogy vastagabb üveget termeljenek grafit gátakat alkalmazhatnak.

A float fürdő kijáratánál egy kiemelő hengerrel kiveszik az üvegszalagot, és keresztül vezetik egy szabályozható hőmérsékletű csatornán, hűtőszalagon, hogy lehűtsék. A hűtőszalag elején SO₂-t adagolnak be a szalag mindkét oldalára, hogy olyan felületkezelést adjanak, amely megvédi az üveget a hengerekkel történő érintkezés során. A hűtőszalag szekciókra van osztva, amelyekben a kényszer vagy természetes konvekció révén fűtés és közvetett vagy közvetlen hűtés van. Az üveget így fokozatosan hűtik le 600 °C -ról 60 °C -ra, hogy lecsökkentsék egy elfogadható szintre a kialakítási művelet alatt okozott maradék feszültségeket. Ez a folyamat idő és hely igényes, a float fürdőre való beérkezéstől a vágósortól 200 m hosszú az üvegszalag.

A lehűtött üvegszalagot on-line vágják el egy mozgó vágószerkezettel; a vágó szöge a gyártóssal ellentétes és a sor sebességétől függ (90°, ha a sor áll). A szalag széleit, amelyek

hengernyomokat viselnek, levágják, és a kemencében cserépként újrahasznosítják. Ezután az üvegtáblákat ellenőrzik, vagy értékesítésre, vagy másodlagos feldolgozásra csomagolják és tárolják.

Azért, hogy javítsák a termék teljesítményét (pl. alacsony energia kibocsátású üvegezés), on-line bevonatokat alkalmazhatnak. Az on-line bevonó eljárások eset specifikusak, és az on-line bevonóval ellátott üzemek teljes száma az iparágon belül rendkívül csekély. Amikor forró, akkor látják el bevonattal a mozgó üvegszalagot szilícium vagy ón vegyületek felületre való felvitelével, ahol ezek reagálnak, és a kívánt filmet kialakítják. Az eljárás általában két különálló bevonat lépcsőt hoz létre, egy szilika alapú alsó bevonatot és egy különálló felső bevonatot, pl. fluoriddal adalékolt ónoxidból. A felhasznált vegyszerek természete miatt, savas gáz és finom részecske kibocsátások lehetségesek, amelyeket általában a nekik megfelelő csökkentési rendszerrel kezelnek.

2.6 HÁZTARTÁSI ÜVEG

[tm27 Domestic][28, Domestic 1998]

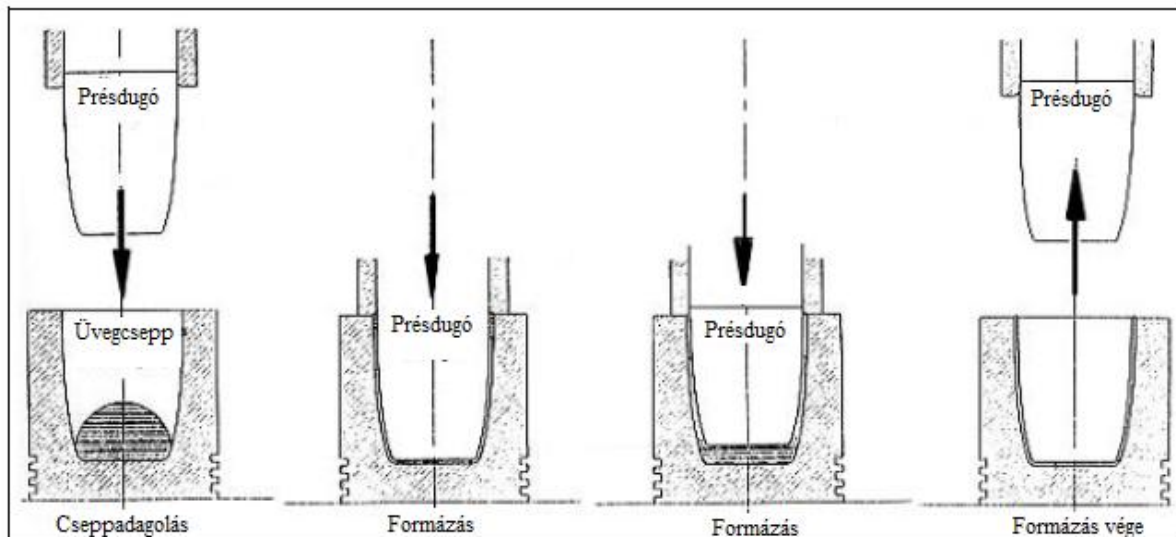
Az üvegiparon belül ez az egyik legváltozatosabb szektor, a termékek és eljárások széles körével. Az eljárások a dekoratív ólomkristálygyártás bonyolult kézi tevékenységeitől a nagy mennyiségű, alacsonyabb értékű tömegfogyasztású termékek gyártásához használt nagymértékben gépesített módszerekig terjednek. A háztartási üveg túlnyomó része mésznátron üvegből készül, amelynek összetétele hasonló a csomagoló üvegéhez. Az üvegösszetételek ugyanakkor általában összetettebbek a különleges minőségi követelmények, illetve a változatosabb formázási műveletek miatt. Csakúgy, mint a csomagoló üvegnél, ez esetben is adagolhatók a kemencébe vagy az adagoló csatornába színező szerek. A háztartási üveg további fő típusai:

- opál (átlátszatlan) üvegek fluorid vagy foszfát tartalommal
- valódi ólomkristály, fél ólomkristály és kristályüveg, amelyek hivatalos meghatározását (összetétel és tulajdonságok) a kristályüvegre a 69/493/EEC Tanácsi Direktíva tartalmazza
- boroszilikát üveg bór tartalommal, kifejezetten főzőedényként a nagyon kicsi hőtágulási együttható miatt
- üveg-kerámia konyhai edénynek még kisebb hőtágulási együtthatóval.

A termékek és eljárások széles köre azt jelenti, hogy gyakorlatilag valamennyi, a 2.3 fejezetben bemutatott olvasztási technikát használják a szektorban, a fazekas kemencétől a nagy regeneratív kemencékig. A csomagoló üveg gyártástól eltérően az idegen cserép használata nem széles körű a minőségi követelmények miatt, de a saját cserép általánosan alkalmazott.

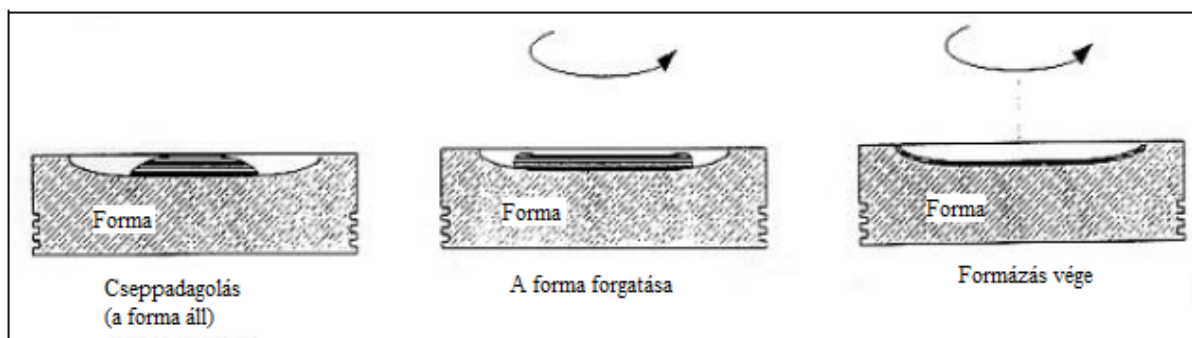
A formázási eljárások két fő kategóriába sorolhatóak, automata és kézi vagy fél-automata gyártás. Az automatagyártás a csomagoló üveg szektorban alkalmazotthoz hasonló. A kemencéből az üveget egy vagy több adagolócsatornán keresztül adagolják a formázó gépbe, ahol az árucikkeket fémformák használatával alakítják ki. A pontos formázási technika a gyártott termék méretétől függ. A négy fő technika: a prés-fúvó; a fúvó-fúvó; a préselés és a centrifugálás. A prés-fúvó és fúvó-fúvó technikák alapvetően azonosak a csomagoló üveg szektorával (lásd a 2.4 pontot), ezért itt bővebben nem kerülnek bemutatásra, bár a gépek kialakítása és az üzemeltetési feltételek (sebesség, minőségi követelmények) különböznek.

A préselési technika viszonylag egyszerű és azoknál az árucikkekénél alkalmazzák, amelyek enyhén hajlítottak, illetve amelyeknél a száj, szélesebb vagy ugyanolyan széles, mint a fenék. Ez a forma és a présdugó közötti forró üvegcsépp préselését jelenti, ahogyan azt a 2.9 Ábra mutatja. Az üveg hőmérséklete az összetételtől függően változik, de a mész-nátronüveg esetében jellemzően 1150 °C.



2.9 Ábra: Préselési eljárás az üveg árucikkek formázására

A centrifugálási eljárást olyan kör alakú áruk gyártásánál használják, mint a tányérok és a kismélységű tálak. A forró üvegcséppet beleejtik a formába, amelyet aztán megforgatnak és a terméket a centrifugális erő kiformázza.



2.10 Ábra: Centrifugálási eljárás az üveg árucikkek formázására

Azért, hogy elérjék a kívánt felületminőséget a megformázott árukat általában láng-polírozzák és polírozzák. Gyakran nagyon magas hőmérsékletre van szükség, amelyet oxy-gáz vagy néhány esetben oxigén-hidrogén tüzeléssel biztosítanak. Ezen eljárások előnye az alacsonyabb fajlagos energiafogyasztás, az egyszerű használat és a füstgáz térfogatának csökkenése. A tüzelést követően az árucikk áthalad a feszültség mentesítő hűtőszalagon és felületi bevonattal láthatják el. A feszültség mentesítés és a hidegbevonat műveletei hasonlóak, mint a csomagoló üvegé, ezért itt nem kerül részletesebben bemutatásra. Néhány esetben az árucikkek nem feszültség mentesítő hűtőszalagon haladnak át, hanem edző kemencén, annak érdekében, hogy fokozzák a mechanikai és hőlkés-állóságukat. Bizonyos árucikkek gyártása két vagy több rész külön összeillesztését is igényli, helyi újraolvasztást követően. Ez érvényes a kehelyszárokra és -talpakra, illetve csészék vagy poharak fűleire.

Ezeket a részeket külön állítják elő préssel, húzással vagy sajtolással. A kehelyszárazakat gyakran a kehely testéből húzzák ki, és csak a talpat illesztik külön hozzá.

Kézi gyártású cikkeknel a bankakezdést ember végzi egy fúvópípával, vagy közvetlenül a kemencéből vagy az adagolóból. A pipába történő rövid levegő befúvással egy kis üreges testet (a banka) készítenek, majd ezt követően fa- vagy fémformába fordítva alakítják ki a formát. Az árucikkeket a feszültség mentesítő hűtőszalaghoz viszik, hogy minden belső feszültséget eltávolítsanak, ezután láng-polírozzák, polírozzák és újramelegítik. A fél-automata gyártásnál a folyamat néhány lépését (bankakezdés, formázás és kezelés) gépek vagy robotok végzik. Általában a kézi gyártású termékek előállítása csak akkor esik a 2010/75/EU Direktíva szabályozása alá, ha olyan létesítményben történik, ahol más üvegyártási tevékenységet is végeznek.

Az alaptermékek egy vagy több hideg befejező műveleten eshetnek át a gyártást követően. Az alábbiak ezek közül vázolnak néhányat.

A csiszolás előre kiválasztott minta bemetszését jelenti a nyers üveg árucikkekbe, gyémánttal impregnált tárcsákkal. Ezt a folyamatot vagy kézzel, vagy automatikusan végzik a terméktől függően. A csiszolásnál a vizet (néha kenőanyaggal keverten stb.) hűtésre használják, illetve ez távolítja el a keletkezett finom üveg szemcséket. A vizet kezelik, és kibocsátják, vagy újra felhasználják. Esetenként, az árucikkek peremeit hasonló, de kevésbé specializált technikát alkalmazva csiszolják és polírozzák.

A csiszolás szürke, nem sima felületet hoz létre az üvegen. Az üvegfelület eredeti megjelenésének visszaállítását foly- és kénsavas polírozó fürdőbe való merítéssel végzik. A savak az üveg felületét simává teszik, mert a durva részek, a nagyobb felületük miatt, könnyebben feloldódnak. Az üveg felületén egy fehér (ólom-szulfátból álló) „bőr” képződik. Az üveg, a forró vízben történő leöblítést követően nyeri vissza csillogását.

A polírozó fürdő felületéről HF és SiF₄ gőzei szabadulnak fel. Ezeket a gőzöket mosó tornyokban kezelik. E művelet során szilícium-hexafluorid sav képződik, jellemzően legfeljebb 35%-os koncentrációval, és a savas mosóvizet ezt követően semlegesítik. Alternatívaként visszanyerhető H₂SiF₆ is, és ahol lehetséges ez a vegyiparban nyersanyagként használható. A savas öblítővizet szintén rendszeresen semlegesíteni kell. A savpolírozás alternatívái fejlesztés alatt állnak, pl. mechanikus polírozás és magas hőmérsékletű polírozás lánggal vagy lézerrel.

Látványos minták kialakításához számos más technika is használható. Ide tartozik: a zománcdekorálás, a homokfúvással vagy savmaratással történő homályosítás és a gravírozás. Ezen műveletek mennyisége, és a hozzájuk kapcsolódó kibocsátások, a fő gyártási lépésekkel összehasonlítva, kicsik.

2.7 SPECIÁLIS ÜVEG

[tm25 Special, tm1 UKDoE, tm21 Schott][26, Special 1998][2, UKDoE 1991][22, Schott 1996]

A speciális üveg szektor rendkívül kiterjedt, és a termékek széles tartományát takarja, amelyek jelentősen eltérnek az összetétel, a gyártási módszer és a végfelhasználás tekintetében. Nagyon sok terméket lehet úgy is tekinteni, mint amelyek átfedhetnek más szektorokkal, főleg a háztartási üveg szektor boroszilikát üvegeivel. A múltban a speciális

üveg szektor fő termékét a katódsugárcső üveg (Cathode Ray Tube-CRT) jellemezte; e dokumentum megírásakor (2010), ez a típusú termelés szinte teljesen eltűnt az EU-ban; míg a fő termékek üvegcsövekből és testekből állnak. A más termékek legtöbbje viszonylag kis mennyiségű és gyakran jelentősen alatta marad a 20 t/nap küszöbértéknek. Mindazonáltal, ezen kis mennyiségű termékekből sokat olyan létesítményekben gyártanak, ahol az összes eljárás teljes termelése meghaladja ezt a számot. A 2.6 Táblázat megadja a fő üvegtípusok összetételét. Termékről termékre, az üveg összetételekből sok nagyon eltér és a táblázatban megadott számokat csak iránymutatásnak kellene tekinteni.

Ez a pont körvonalazza azokat a fő gyártási módszereket, amelyeket a speciális üveg szektorban alkalmaznak.

A szektor kiterjedtsége miatt, az olvasztási technikák széles tartománya használatos; noha, a termelés kis mennyisége azt jelenti, hogy a kemencék legtöbbje elég kicsi. A leggyakoribb technikák a rekuperatív kemencék, oxy-gáz kemencék, elektromos olvasztók és nappali kádak. Néhány esetben, regeneratív kemencéket is alkalmaznak, pl. CRT üvegnél és a vízüveg gyártásban. Meg kell jegyezni, hogy a speciális üvegek olvasztási hőmérséklete magasabb lehet, mint a hagyományos tömegtermelésű összetételek többségében. Főleg a boroszilikát üveg és üveg kerámia igényel több, mint 1650 °C olvasztási hőmérsékletet. Ezek a magas hőmérsékletek és komplex összetételek a tonnára vetített nagyobb környezeti kibocsátásokhoz vezethetnek, mint pl. a mész-nátron termékeknél. A termelés kisebb mértéke párosodva a magasabb hőmérsékletekkel azt is jelenti, hogy az energia hatékonyság általában alacsonyabb, és a kemence élettartama is többnyire alacsonyabb ebben a szektorban.

Az olyan termékek, mint az optikai üveg és üveg kerámia magas minőségi követelményei azt jelentik, hogy a tisztulási fázis utáni anyagokat platínával kell létrehozni (vagy fedni) azért, hogy megelőzzük az elszennyeződését.

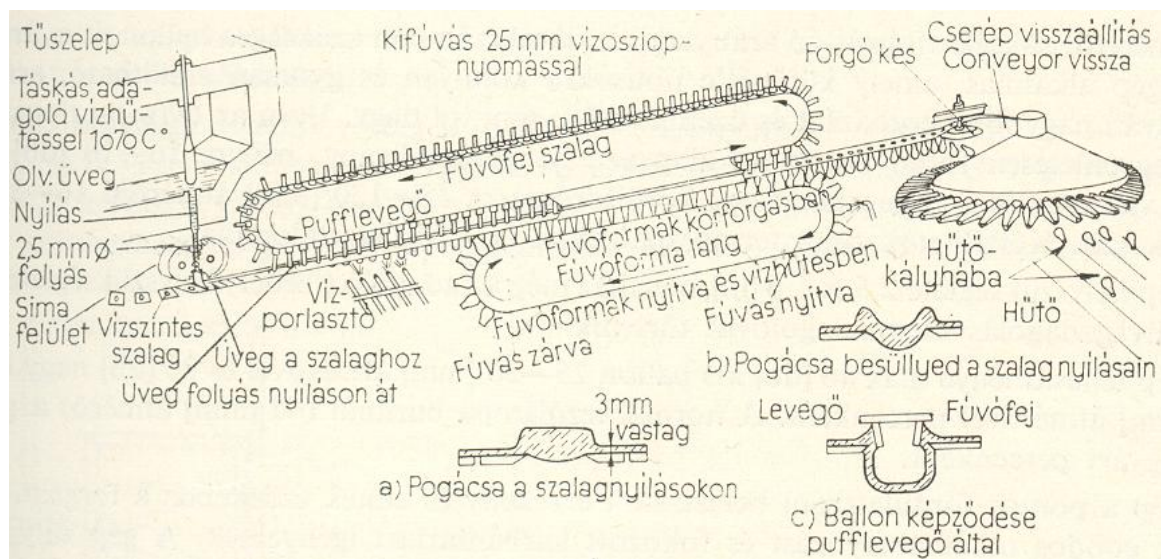
Amint az más szektorokban is van, az olvasztást és tisztulást követően az olvadt üveg a kemencéből a szabályozott hőmérsékletű adagolócsatornán keresztül a formázó berendezéshez jut. A speciális üveg szektorban alkalmazott fő formázási technikák:

- prés-fúvó gyártás (boroszilikát üveg, asztali áru és konyhai termékek)
- körasztalos-forma (past-mould) eljárás (boroszilikát üveg, lámpa egységek)
- ráfúvó (vagy settle blow) eljárás (boroszilikát üveg, háztartási üveg)
- hengerelés (sík kerámia üveg)
- préselés (CRT üveg és lámpa egységek)
- ribbon eljárás (fényforrás ballonok)
- centrifugálásos eljárás (boroszilikát üveg)
- csőhúzás, Danner és Vello eljárások (üvegcső beleértve a fényforrást is)
- öntés (optikai üvegtömbök és néhány speciális termék)
- húzási eljárás (lefelé húzás vékony filmekhez, mint a display üveg, felfelé húzás boroszilikát üveghez)
- úsztatás (boroszilikát üveg)

A prés-fúvó és fúvó-fúvó gyártási eljárások lényegében ugyanazok, mint amelyek a csomagoló üveg szektorban (lásd a 2.4. pontot) le vannak írva. A hengerelési eljárást olyan cikkek gyártására alkalmazzák, mint a tűzhelyek kerámia főzőlapjai, amely egy lekicsinyített változata a síküveg szektor eljárásnak leírtaknak, csak sima hengerekkel. Itt, ezeket az eljárásokat nem részletezzük tovább és hivatkozunk a korábbi pontokban leírtakra.

A préselési eljárásban, az üveg a fémforma anyagának összes részével érintkezik. A fémforma három részből áll; az öblös formarész; a dugó, amely beleillik a formába és elég helyet hagy az üveg falvastagságának; és a záró gyűrű, amelyik irányítja a dugót, a formából való eltávolításakor. Az üvegcséppet a formába juttatják és hidraulikusan vagy pneumatikusan megpréselik egy gyűrűvel irányított dugóval addig, amíg az üveg teljesen ki nem tölti a formát. A dugó és a forma sok hőt von el az üvegből, és megszilárdulás után a dugót visszahúzzák. A legtöbb présgép olyan körasztallal üzemel, amelyiknek többnyire 4 és 20 közötti formája van, max. 32; a legszokványosabb a 11, a CRT üvegnél. A körasztal lépésről lépésre elvégezteti az üveggel a beadagolás, préselés, hűtés és eltávolítás műveleteit.

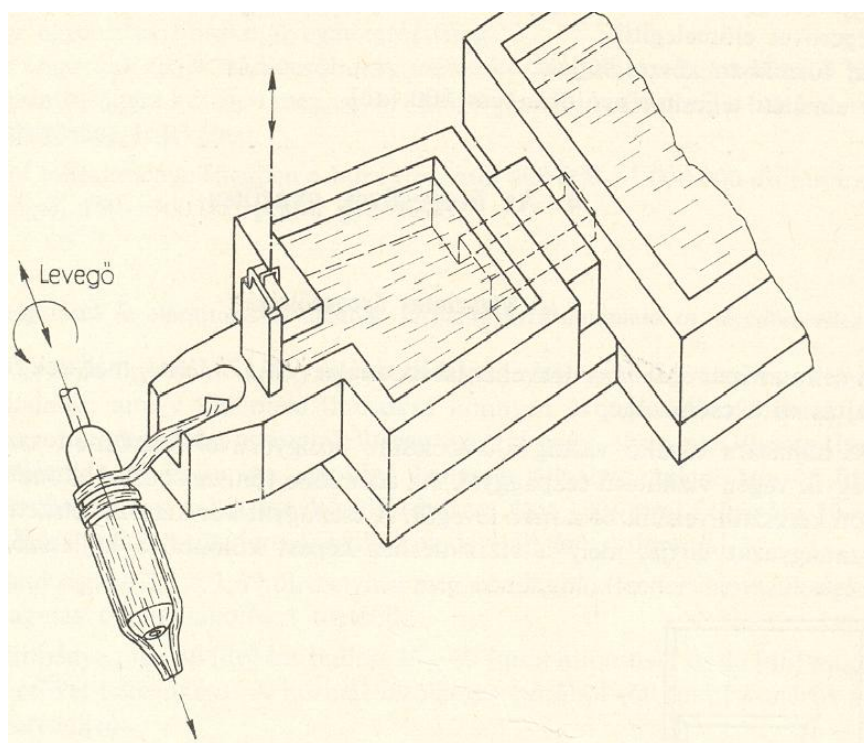
A fényforrás ballonokat Ribbon eljárást alkalmazva lehet gyártani. Két vízhűtéses henger közötti üvegolvadék hengerlésével egy üvegszalagot alakítanak ki. A hengereket elhagyó üvegszalagot rávezetik egy olyan gépre, amelyen nyílásokkal ellátott tányér sorozatok vannak, amelyik egy lyukakkal átfúrt folyamatos szalagot képez. Ahogy az üvegszalag tovább halad, fúvófejek folyamatos lánc kerül föléje, mindenegyik fúvófej egybeesik a szalagon lévő lyukkal. Egy puff levegővel a fúvófej előfújja a lyukon keresztül az üveget és az üveg ballonná formálódik egy forgó forma belsejében, amelyik alulról találkozik vele és záródik rá. A szalagon tovább haladva, a kialakított ballon leválik a formáról, lehül a levegőn és leválasztják a szalagról, és azután egy szállítószalagra kerül. Ez átvizsi a ballonokat egy hűtőszalagra, és hűtésre, átvizsgálásra és csomagolásra. Lásd a 2.11 Ábrát. A gyártási sebesség meghaladhatja a percenkénti 1000 db-ot.



2.11 Ábra: A Ribbon eljárás

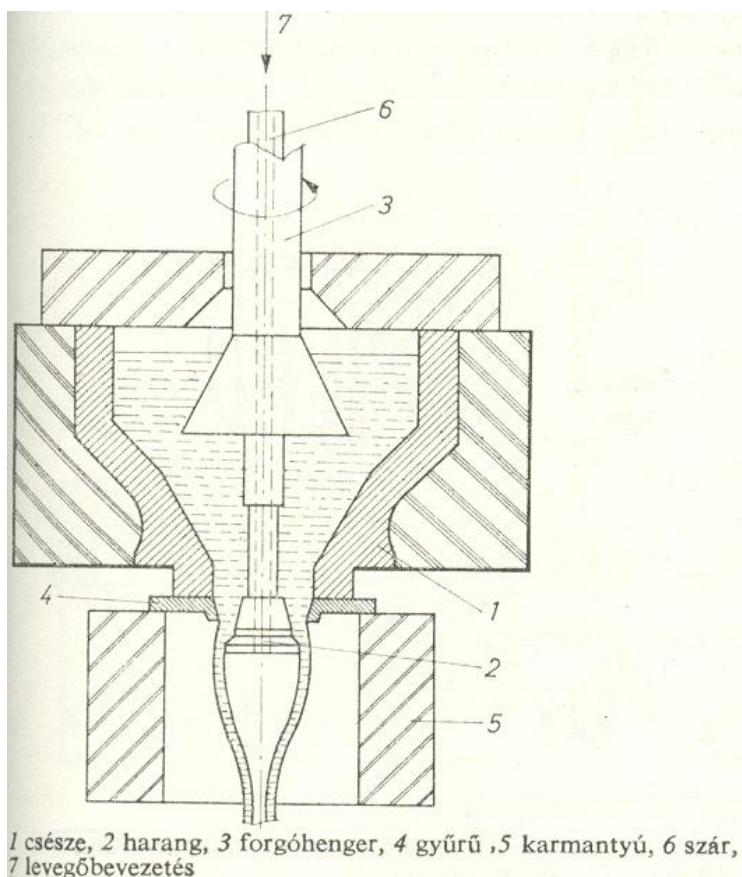
A húzást meredek viszkozitási görbével rendelkező vagy kristályosodásra hajlamos üvegeknél alkalmazhatják, hogy nagyon kis mérettűrésű termékeket gyártsanak. Gazdaságos módszer az ipari felhasználásra szánt, keresztmetszetében éles sarkú, különböző típusú teli vagy öblös profilok gyártására. Rétegelt húzási módszerek alkalmazásával, két vagy három típusú üveget lehet kombinálni, hogy pl. kémiaileg ellenálló üveggel bevont/futtatott alkatrészeket gyártsanak.

Az üvegcső folyamatos húzásának legszélesebben alkalmazott módszere a Danner eljárás. Egy folyamatos üvegszalag folyik egy kis lejtésű, lassan forgó tűzállóanyagú magra, amit Danner mandrel-nak neveznek. A mandrel alsó részénél egy öblös testet alakítanak ki, amelyből csövet húznak. Az öblös mandrel-en keresztül levegőt fújnak be, a tengelymag öblös lyukat alakít ki az üvegben. A vízszintbe hozás után, a megszilárdult csövet görgőpálya juttatja a húzó egységbe, amely mögött 1.5 m hosszúságúra, vagy néha még hosszabbra vágják. Ezek a gépek másodpercenként több, mint 3 m csövet képesek gyártani. Lásd a 2.12 Ábrát.



2.12 Ábra: A Danner eljárás

A Vello eljárás a második legszélesebben használt eljárás és kb. hasonló a kibocsátása, mint a Danner eljárásnak. A kemencéből az üveg az adagolócsatornán át és egy lyukon keresztül (gyűrű) folyik lefelé úgy, hogy egy kúpos nyílású (harang) pipával, amely a gyűrűben helyezkedik el, öblös lyukat alakítanak ki az üvegben. A még képlékeny csövet vízszintesbe hozzák, és a görgőpályán végig húzva lehűtik és levágják, mint a Danner eljárásban. Lásd a 2.13 Ábrát.



2.13 Ábra: A Vello eljárás

A Vello eljárás egyik változata a lefelé-húzási eljárás, amelyet egészen 360 mm-es átmérőjű csövek húzására lehet alkalmazni. Az üveget egy vákuum kamrán keresztül húzzák lefelé, és egy zárt írisz diafragmán keresztül vezetve, egy kör alakú zárral lehet beállítani a különböző nyílásokhoz. Egy negyedik eljárás a függőleges eljárás, ahol az üvegcsövet egy forgó tálról felfelé húzzák. A húzás területét egy olyan forgó kerámia hengerrel védik, amelynek az egyik vége belemerül az üvegbe. Az öblös lyukat az üveg felszín alá helyezett levegő befúvóval alakítják ki. Ez a technika főként a vastag falú és nagy átmérőjű csövek gyártására használatos.

Az optikai üvegeket vagy blokkokba önthetik, vagy hengerekké extrudálják, hogy blank-okat kapjanak, amelyeket eladnak tovább feldolgozásra. A formák többnyire tűzállóanyagokból készülnek.

A vízüveg a Nagy Mennyiségű Szervetlen Kémiai Anyagok, Szilárd és Egyebek BREF-ben található; Large Volume Inorganic Chemicals – Solids and Others (LVIC-S) BREF (<http://eippcb.jrc.es/reference/>)

Anyag	CRT üveg		Üvegcső		Boroszilikát üveg, pl. vegyszeres üveg áru	Más fényforrás üveg		Üveg kerámia	Kvarcüveg	Optikai üveg		Egyebek, pl. diódák
	Panel	Képcső	Mész- nátron- szilikát	Boroszilikát		Átlátszatlan	Lámpaballonok			Bór korona	Fluorid korona	
SiO ₂	60 - 63	53 - 55	69	67 - 81	70 - 81	63 - 68	73 - 75	55 - 70	99.9	61.7		35
Al ₂ O ₃	2 - 3.4	1 - 5.2	2 - 4	2.0 - 7	2.3 - 5.5	3 - 3.5	1 - 4	15 - 25	0.005	0.3 - 3.0	15	
Fe ₂ O ₃				0.01 - 2	0.01 - 0.03	0.15		0 - 0.2				
CaO	0 - 3.2	0.9 - 3.8	4 - 5	0.01 - 1.5	0.01 - 1	1.4 - 8	0.5	0 - 4.0	0.001	0 - 3.0		
PbO		14 - 23										60
Sb ₂ O ₃	0.15 - 0.8	0 - 0.35	0 - 0.9					0 - 2				
As ₂ O ₃	0 - 0.3	0 - 0.3	0 - 0.06	0 - 0.06				0 - 1.5				
MnO ₂				0.01 - 5								
MgO	0 - 1.2	0.6 - 2.2	2 - 3	0.01 - 0.5	0.01 - 0.5	1.4 - 4	0.5	0 - 1.0	0 - 3			
Na ₂ O	6.6 - 9.4	5.8 - 6.7	9 - 16	3.5 - 12	3.4 - 6.5	9 - 10	3 - 4	0.5 - 1.5	0 - 2	0 - 5.0		
K ₂ O	6.6 - 8.4	7.8 - 8.1	1 - 11	0.01 - 2.5	0.5 - 1.5	6	1.5 - 2.5		0 - 2	12 - 18		5.0
SO ₃						0.2						
F						4.0 - 5.4					35	
B ₂ O ₃			1	5 - 13	8 - 13	0 - 1.6	12 - 17	0 - 3		6 - 20		
BaO	8.3 - 13	0 - 2.5	1 - 6	0.01 - 3.5		2.3 - 3		0 - 3		0 - 10	20	
ZnO	0 - 0.8	0 - 0.8				3 - 4.8		0 - 3				
SrO	2.2 - 8.8	0 - 0.5						0 - 1				
ZrO ₂	0 - 2.3	0 - 0.2		0.01 - 1	0.01 - 1			0 - 2.5				
P ₂ O ₅								0 - 8			20	
LiO ₂								2 - 4				
TiO ₂				0.01 - 5	0.01 - 5			1 - 4				
CeO ₂			0 - 1					0 - 1.3				

2.6 Táblázat: A speciális üveg szektor fő termékeinek kémiai összetétele

2.8 ÁSVÁNYGYAPOT

[tm26 EURIMA, tm8 S2 3.03][27, EURIMA 1998][9, S2 3.03 1996] [89, EURIMA Suggestions 2007]

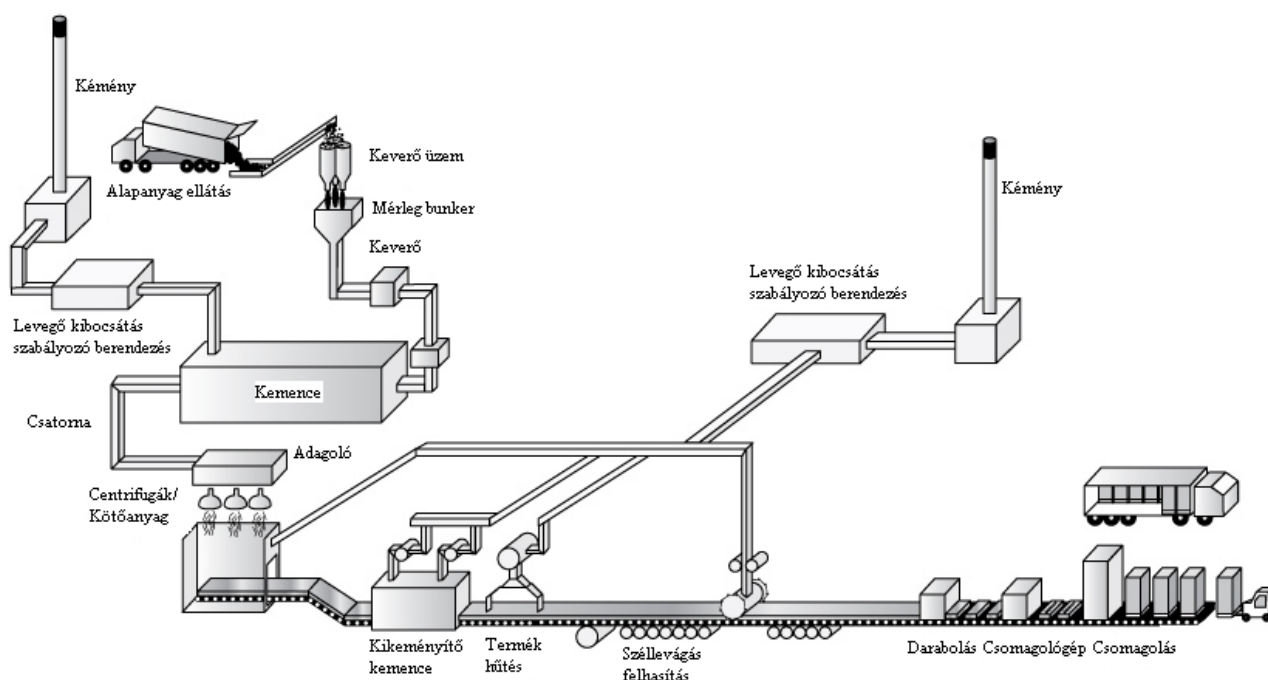
Az ásványgyapot gyártás a következő lépésekből áll: alapanyag előkészítés; olvasztás; olvadék szárazítás; kötőanyag felvitel; termékpaplan kialakítás; kikeményítés; hűtés; és befejező műveletek. Az ásványgyapot két fő kategóriára osztható: üveggyapot és kőzet / salakgyapot. A termékek lényegében ugyanarra használatosak és főként az alapanyagokban és az olvasztási módszerekben különböznek. Az olvasztási lépést követően, az eljárások és a környezeti vonatkozások lényegében ugyanazok. Az ásványgyapot jellemző összetételei a lenti 2.7 Táblázatban vannak megadva. Figyelemmel arra, hogy a vasoxidok, TiO_2 , P_2O_5 nem tervezett vagy kívánt összetevői az üvegnek és mint alkalmi szennyeződések tűnnek fel. Ezért, az üvegben és a kőzet gyapotban lévő szintek az alapanyagok minőségétől függenek és a táblázatban feltüntetett értékek a meghatározott tartományok szélső értékei.

Ásványgyapot	SiO_2	Alkáli oxidok	Földalkáli oxidok	B_2O_3	Vasoxidok	Al_2O_3	TiO_2	P_2O_5
Üveggyapot	57 – 70	12 – 18	8 – 15	0 – 12	<0.5	0 – 5	Nyomok	0 – 1.5
Kőzetgyapot	38 – 57	0.5 – 5	18 – 40	Nyomok	0.5 – 12	0 – 23	0.5 – 4	0 – 1.5
Salakgyapot	38 – 52	0.5 – 3	30 – 45	Nyomok	0 – 5	5 – 16	<1	Nyomok

2.7 Táblázat: Jellemző ásványgyapot összetételek

2.8.1 Üveggyapot

Az üveggyapot gyártás egy jellemző üzemét a 2.14 Ábra mutatja be.



2.14 Ábra: Egy jellemző üveggyapot üzem

Az üveggyapot gyártás alapanyagait főként közúti silós kocsikkal szállítják be és pneumatikusan fejtik le a tároló bunkerekbe. Az egyes eljárások különböző alapanyagokat használnak, és az eljárások között jelentősen változhat a pontos keverék összetétel. Homokból, szódából, dolomitból, mészkőből, nátriumsulfátból, nátrium-nitrátból, és bört és alumínium oxidot tartalmazó ásványokból állnak az üveggyapot gyártás alapanyagai.

A legtöbb eljárás frittet is használ alapanyagként. Ez olyan üvegtörmelék, amelyik akkor képződik, amikor a szálazást leállítják és a kemencéből jövő olvadt üvegáramot vízben, hirtelen lehűtik. A frittnak pontosan ugyanolyan az összetétele, mint a készterméké, és a kemencében teljes egészében újrahasznosítható. Alapanyagként, egyre növekvően használatosak az üveghulladékok más formái, pl. csomagoló üveg és mésznátron-szilikát síküveg. Ezt a típusú anyagot nehezebb újrahasznosítani és felhasználása nagyon függ a költségétől, az összetételétől, a tisztaságától és az ellátás egyenletességétől. Az egyetlen olyan cserepet, amelyet alapanyagként korlátoznak felhasználni az, az üvegkerámia. Mivel más típusú üvegeknél, az újrahasznosított cserépben lévő üvegkerámia növekvő problémává válhat. Néhány gyártó az olvasztóba újra felhasználja a feldolgozott szálal hulladékot is és a kemence füstgáz áramából összegyűjtött port.

További előkezelés nélkül, sok hulladék szálal természete gyakorlatilag lehetetlenné teszi az újrahasznosítást. Az üvegkemencék alapanyagai porként vagy granulálva kerülnek beadagolásra és így a hulladékot is fel kell aprítani vagy pelletezni a beadagolás előtt. Ezt többnyire valamilyen aprítási művelettel érik el. A hulladék termék és a kiszűrt hulladék jelentős mértékű szerves kötőanyagot tartalmaz. Az üvegkemencében, a hulladék szén tartalma számos lehetséges problémát jelent beleértve: a lecsökkent hőátadást; a felhabosodást; az olvasztási feltételek destabilizálódását; és a kemence olvadék összetétel eltérését. Ezeket a problémákat mérsékelni lehet, de a kemencében újra felhasználható hulladék mennyiségének korlátja van. Továbbá, szükséges lehet oxidálószerként nátrium- vagy kálium-nitrátot beadagolni, és ezen anyagok bomlása jelentősen hozzáadódhat a nitrogén-oxidok kibocsátásához.

A különböző alapanyagokat automatikusan mérik be és keverik össze, hogy pontosan kialakított keveréket gyártsanak. A kemencébe való beadagolás előtt, a megkevert keveréket azután egy átmeneti tároló bunkerba szállítják.

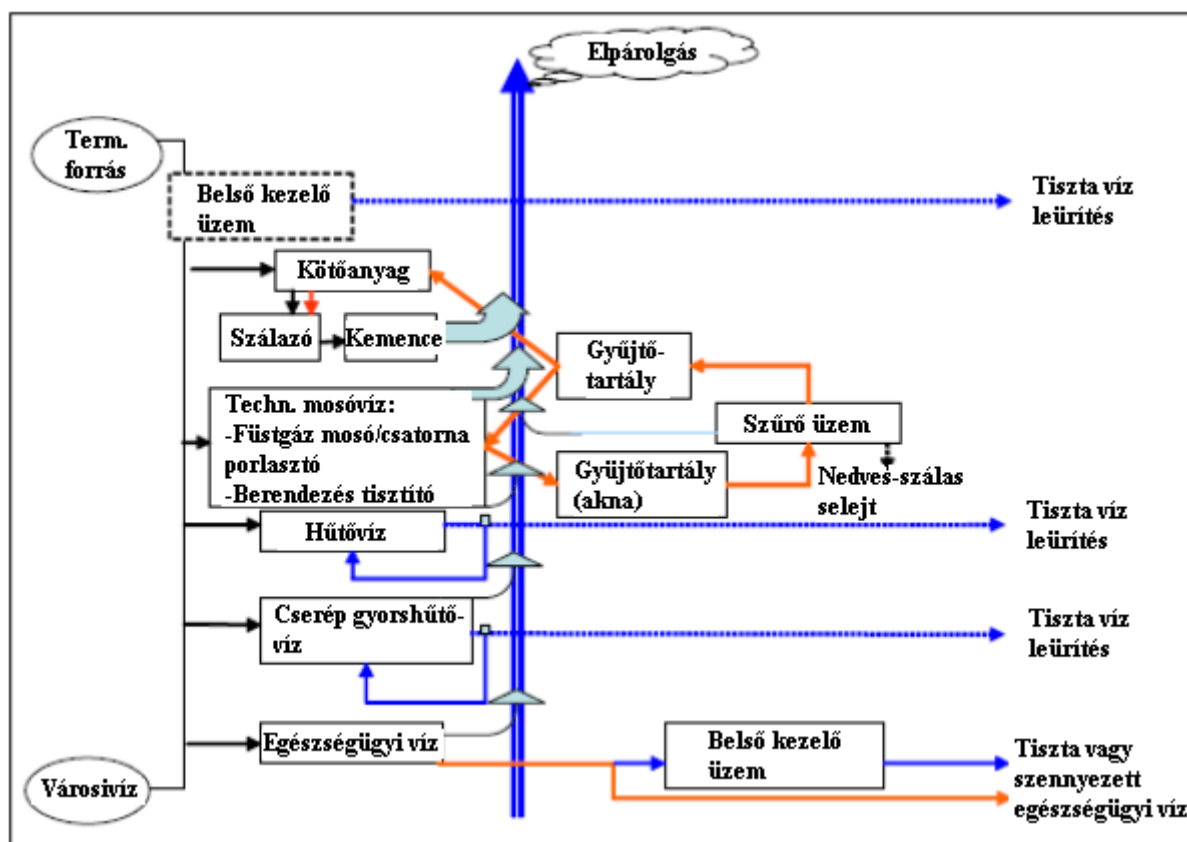
A kemence (néhány ritka kivétellel) vagy elektromos fűtésű kemence, hagyományos gáztüzelésű rekuperatív kemence, vagy kevésbé szokásos módon egy oxy-gáz kemence. Ezek a technikák a fenti 2.3 pontban vannak leírva.

A kemencéből származó olvadt üveg egy fűtött, tűzállóanyagból kirakott adagolócsatornán folyik végig, és keresztül ömlik egy vagy több (többnyire egytől tízig) egyedileg szabályozható hőmérsékletű kifolyó nyíláson, bele egy speciálisan kialakított forgó centrifugába. Az elsődleges szálazás a forgó centrifuga centrifugális erőhatása miatt alakul ki, a tovább vékonyítás pedig egy köréző forró lángjának gázaival. Ez egy olyan szálhalmazt képez, ahol a különböző hosszúságú és átmérőjű szálak véletlenszerűen egymásba szövődnek. A halmaz egy kötőanyagot porlasztó gyűrűn halad át, amelyik egy fenol gyanta alapú kötőanyag oldatot és ásványolajat porlaszt a szálakra, hogy biztosítsa a késztermék szilárdságát, rugalmasságát, tartósságát és a kezelés minőségét.

A kötőanyag vízzel nagyon fel van hígítva azért, hogy képes legyen a szálakat egyenletesen bevonni, amelyek rendkívül nagy felülettel rendelkeznek. A víz vivő anyagként szolgál és később elpárologtatják.

A gyantával bevont szálal leszívják egy mozgó szállítószalagra, hogy szálakból álló paplant alakítsanak ki. Ez a paplan egy kb. 250 °C-os gázfűtésű kemencén halad keresztül, amelyik megszáritja és kikeményíti a gyantát. A terméket azután levegővel lehűtik és a csomagolás előtt, méretre vágják. A szálhulladékot felapríthatják és visszafűvathatják a szálhalmazba,

Sok esetben vizet porlasztanak a soron következő eljárások elszívó csatornáiba azért, hogy a szálak és a gyantás anyagok feltapadását megelőzzék, amelyek tüzeket okozhatnak vagy eltömődést; és eltávolítsák a füstgázból származó anyagot. A vizet a gyűjtőszalag és az üzem más részeinek a tisztítására is felhasználják. Általában, a technológiai vízrendszer zártkört alkot; összegyűjtik, szűrik és újra felhasználják csatorna bepermetezéshez, mosóvíznek és kötőanyag hígításhoz. Egy jellemző technológiai vízrendszer a 2.15 Ábrán van bemutatva. Jelentős mennyiségű víz párolog el a következő gyártási folyamatokból: kötőanyag porlasztás, hulladékgáz mosás, hűtés és berendezés mosás.



2.15 Ábra: Jellemző üvegyapot technológiai vízrendszer

Egy átlagos üveggyapot gyár normál üzemeltetésének globális vízmérlege 3-tól 5 m³/t gyártott üveggyapot értékig terjedő felhasználást ad. Ebből a vízből szinte a teljes rész gőzként vagy a gázzal elragadott vízpáraként távozik az üzemből, vagy a kéményeken keresztül vagy egyszerűen elpárolog.

Mindazonáltal, a technológiai mosóvíz rendszerben a víz állandóan recirkulál, így az üveggyapot gyártásnál használt víz belső árama sokkal nagyobb és elérheti a 100 m³/t üveg értéket is. Ezen vízáramnak a többsége (jellemzően 70%-a) a szálazó területén és az ehhez kapcsolódó szennyezés csökkentő berendezésénél van felhasználva.

A technológiai mosóvíz oldott szerves és szilárd anyagokat (főleg szálakat) tartalmaz. Ciklonok, rögzített vagy vibrációs szitaszűrők, centrifugális szűrők és hasonló berendezések

használatával történik az oldhatatlan szilárd anyagok eltávolítása egy üzemben. Az oldhatatlan szerves anyagok feldúsulásának elkerülésére a víz egy részét kiveszik a technológia mosóvízből, és újraszűrve bejuttatják a termékkel kevert kötőanyag keverékbe. Ezáltal, egy adott kötőanyag összetételre és a termék kötőanyag tartalmára nézve, az oldott szilárd anyag tartalomra egyensúly alakul ki.

A mosóvíz jellemzőit folyamatosan ellenőrzik főleg, mert a füstgáz mosás hatékonysága az oldott szilárd anyagok koncentrációjától függ; az ingadozások fontosak lehetnek, olyan paraméterektől függően, mint a felhasznált kötőanyag összetétele és mennyisége és az adott év időjárása/évszakja.

Más vizeknél olyan kezelő rendszereket alkalmaznak, mint a léghűtés, a fordított ozmózis, az ioncsere és az olajmentesítés.

A kötőanyag üzem tisztításából, a tartály telep feltöltéséből vagy a másodlagos tisztítási folyamatokból származó technológiai folyadékokat is újra lehet hasznosítani a mosóvíz rendszeren belül vagy a szennyvíz csatornába való leengedés előtt a helyi lehetőségektől függően, leüleptíteni és kezelni. Gyakran nincs leürítés egy berendezésből, kivéve az egyeztetett sürgősségi feltételeket, vagy van engedélyezett feltételekkel leürítés a szennyvíz csatornába. Egy jellemző maximális kibocsátás 50 t víz/nap

Sok másodlagos terméket is lehet gyártani a megtermelt üveggyapotból. Ezek magukba foglalják a befűvási alkalmazásokra felaprított szigetelő gyapotot, a tovább feldolgozásra vevőkhöz szállított, csomagolt kikeményítetlen gyapotot, és a laminált vagy kasírozott termékeket. A csőháj szigetelés jelentős másodlagos termék, amelyet többnyire a fő eljárásból leválasztott kikeményítetlen gyapotból gyártanak, formára préssel és kikeményítéssel. Másik megoldásként, visszajártható fűtött mandrelekre lehet feltekerni a gyapotot, hogy furatot alakítsanak ki, és melegítéssel formálják meg a külső falat, mielőtt átkerül a teljes kikeményítés fázisába.

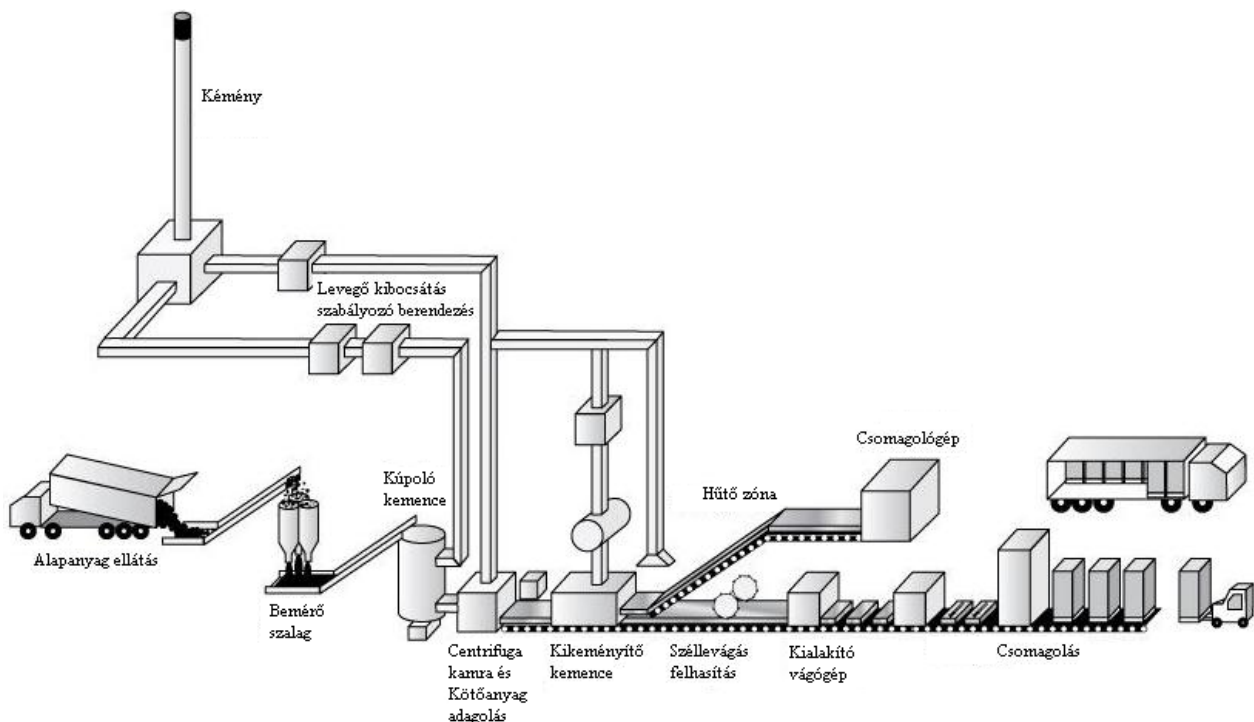
A részlegesen polimerizált gyantából keveréssel állítják elő a kötőanyagot, olyan bizonyos adalékokkal, amelyek javítják az alkalmazás hatékonyságát, elősegítik a gyanta gyapothoz tapadását, megszüntetik a porképződést, vízállóságot adnak és segítik a gyanta hígítását. A kötőanyagot jelentős mennyiségű vízzel (technológiai vízzel, ahol elérhető) hígítják a szálalmazhoz való felhasználás előtt.

A legáltalagosabban alkalmazott gyanta egy fenolból, formaldehidből és katalizátorból álló hőre keményedő termék. A gyanta vízbázisú és jellemzően 50%-os szilárdanyag tartalmú. A kötőanyag kémiai összetételéről részletes leírás a 3.5.5.1 pontban van megadva. A gyantát speciális gyártóktól lehet importálni vagy az ásványgyapot gyártója készítheti el a helyszínen. A helyszíni gyanta előállítása többnyire olyan keverési eljárásból áll, ahol az alapanyagokat hőmérséklet szabályozás alatt reagáltatják, hogy megkapják a kívánt polimerizációs fokot és szilárdanyag tartalmat. A gyanta előállításáról azt tartják, hogy az kémiai folyamat és ebben a dokumentumban nincs kifejtve.

2.8.2 Kőzetgyapot

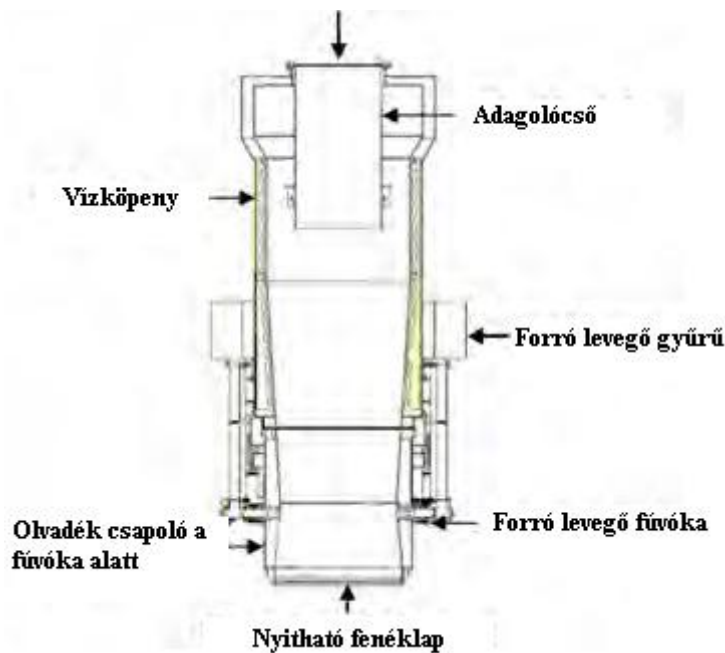
[89, EURIMA Suggestions 2007]

A kőzetgyapot gyártás egy jellemző üzemét a 2.16 Ábra mutatja be.



2.16 Ábra: Egy jellemző kőzetgyapot üzem

A legszokásosabb olvasztási technika a hagyományos kőzetgyapot gyártásra a koksztüzelésű forrószeles kúpoló, amelyet működésében az acélgyártó forrószeles kemencéhez lehet hasonlítani. Ez a technika, az alumíniumoxid-szilikát kőzet (többnyire bazalt) mészkővel vagy dolomittal és néhány esetben kohósalakkal készült kombinációjának a megolvasztása. A kőzet darabos formában van azért, hogy kemencében lévő anyag olyan levegő áteresztő oszlopot képezzen, amely a hőátadási folyamat fenntartását lehetővé teszi. A keverék, kötőanyaggal brikettesített, a darabos kőzethez megközelítőleg hasonló méretű újrahasznosított gyártási vagy termék hulladékot is tartalmazhat. A kúpoló egy hengeres acél köpenyből (cső) áll, amelyik tűzállóanyaggal van kirakva és zárt az alján. Egy forró szeles kúpoló kialakítását a 2.17 Ábra mutatja.



2.17 Ábra: Egy jellemző forró szeles kúpoló

A teljes kemence felület egy nyitott, konvektív hűtővízkör vizével van hűtve.

A darabos formában lévő alapanyagok, brikettek és a kokszt váltakozó rétegekben van felülről beadagolva a kúpoló tetején, vagy kevert keverékként és megtölti a kemence csövet. A kemence fenéken lévő kokszt begyűjtik és kialakul egy égetési zóna, ahol a kőzet anyagok megolvadnak. Többnyire a további folyamat hőcserélőjében előmelegített levegőt, néha oxigénnel dúsítva, fúvatnak be csöveken (tuyéres) keresztül a kúpoló tüzelési zónájába, kb. 1-2 m-re a fenéktől. Ez a legforróbb része kúpolónak, megközelítőleg 2000 °C. A megolvadt anyag összegyűlik a kemence alján és a csapoló nyíláson folyik ki és végig halad a centrifuga fölé helyezett rövid vályún. Az égetési zóna fölött elhelyezkedő anyag, amelyet előmelegítenek a kemencében feláramló gázok azután lesüllyednek a zónába és ezt a kemence tetejére frissen beadagolt alapanyagok pótolják. Ezáltal, kúpoló majdnem folyamatosan képes olvadt kőzetet előállítani két vagy három héten át a tartalmának a leürítéséig és újraindításáig. A bazalt és, kisebb mértékben, a kohósalak vasat tartalmaz Fe^{3+} és Fe^{2+} -ként. A kúpoló bizonyos területeinek redukáló feltételei között a ferri/ferro vas fém vassá redukálódik. Ez összegyűlik a kúpoló alján és károsítaná a drága centrifuga berendezést, ha megengednék, hogy elérje a csapoló nyílás magasságát, ahol ki tudna folyni. Ennek megelőzésére a vasat időközönként leengedik (csapolják) a kúpoló íves aljának legmélyebb pontján lévő nyíláson át. A vasat egy speciális forma segítségével lehet összegyűjteni, amelyet mechanikusan lehet megfelelően pozicionálni, hogy a vasat összegyűjtse, mielőtt az a kupola alatt lévő hulladékos területre esne és összekeveredne a közethulladékkal. Ilyen módon, a külső újrahazsnosítás lehetőségét meg lehet oldani.

A forrószeles kúpolókban, a laza szálaz vagy poros anyagok a kúpoló tetején távozhatnak a forró levegő emelő hatása révén, amikor betöltés van. Amint az előzőekben jelezve lett, a laza anyagok károsan hathatnának a töltetágy porozítására és eltömíthetnék a forrólevegő útját. E probléma elfogadott megoldása, hogy az anyagot aprítják és a többi alapanyag méretére brikettálják. Többnyire cementet használnak a brikett kötőanyagának, bár ez magasabb kén-dioxid kibocsátásokhoz vezethet a cement, kén tartalma miatt. Mindazonáltal, más előnyei is vannak a brikettnek, pl. az alacsonyabb energia felhasználás és lehetővé teszi, hogy más finom anyagokat adagolhatnak a keverékhez, főleg olyan más hulladékokat, mint az öntődei homok.

Az olvadék a centrifuga berendezés gyorsan forgó kerekeire folyik, és finoman porlasztódva kirepül szálakat képezve. A forgó kerek mögül levegőt fújnak rá, hogy a szálakat elvékonyítsák, és a gyűjtőszalagra irányítsák, hogy paplant képezzenek belőle. A szálakhoz vizes fenol gyanta oldatot használnak fel, a centrifuga berendezésén lévő porlasztófejek sorozatával. A gyűjtőszalag erős elszívás alatt van, és három funkciót lát el; lehúzza a szálát a szalagra, a szálazó kamrában lévő szennyezett levegőt eltávolítja, és segíti a paplan fenolos kötőanyagának az eloszlását. Ahogy az üveggyapot szigetelésnél, fenol gyanta biztosítja a termék szilárdságát és az alakját. Az elsődleges paplan úgy alakítják ki, hogy a termék megkívánt testsűrűségét kiadja. A hosszú kemencében történő formázási eljárás is alkalmazható, amely egyetlen lépésben állítja elő a termék fajsúlyát, de ez sokkal kevésbé megszokott.

A paplan keresztül halad egy fosszilis tüzelőanyag tüzelésű kemencén kb. 250 °C-on, amelyik beállítja a termék vastagságát, kiszárítja a terméket és kikeményíti a kötőanyagot. A terméket azután levegővel hűtik le és méretre vágják a csomagolás előtt. A csőszigetelést és egyéb másodlagos termékeket a 2.8.1 pontban, az üveggyapot eljárásban leírt módon lehet gyártani.

Az elszívó csatornába vizet lehet bepermetezni, hogy a gyanta és a szálak feltapadását megelőzzük, a tűzveszélyt lecsökkentsük, és a füstgázból származó anyagokat eltávolítsuk. Ezt szintén alkalmazni lehet a tisztító műveletek sokaságánál. Hasonlóan az üveggyapot szigetelés gyártásához, a technológiai vizet összegyűjtik, szűrik és újból felhasználják.

Lángtüzelésű kemencék és bemerülő elektromos ívkemencék alkalmazásával is lehet kőzetgyapotot gyártani. Az összes többi művelet, beleértve a szálazást is, ugyanaz. A kőzet és salak gyapot gyártásnál használt lángtüzelésű kemencék kialakítása és üzemeltetése lényegében megfelel az üveggyapot gyártásban használt lángtüzelésű kemencéknek. A kemence fosszilis tüzelőanyag égőkkel fűtött tűzálló kádból áll, és vagy kereszttüzelésű, vagy U-lángú. Az olvasztási felület egészen 100 m² is lehet. Szintén fém vas redukálódik ki az alapanyagokból, és a vasat le kell engedni, pl. a kemence fenekén egy leengedő nyílás helyezkedik el.

A kőzetgyapot gyártásnál használt bemerülő elektromos ívkemence hengeres acél burkolatból áll, amelyet tűzálló anyaggal lehet kirakni, és vagy olajjal, vagy vízzel hűtik. Az elektródák a kemence tetejéről merülnek be az olvadék masszába, ellenállásfűtéssel biztosítva az energiát. Az alapanyagokat felülről adagolják be, amely anyagszönyeget képez az olvadék felszínén (hideg-boltozat). Mindazonáltal, az elektróda elrendezés miatt az elektródák körül mindig van nyitott olvadékfürdő. Másik megoldásként, az elektromos kemence üzemelhet úgy, hogy az olvadék felszín csak részlegesen van befedve (meleg-boltozat). Grafit elektródákat alkalmaznak és, ennek eredményeként, az alapanyagokból kis mennyiségű szabad fém vas redukálódik ki. A vasat le kell engedni, de sokkal kisebb gyakorisággal (hetente egyszer vagy kevesebbszer), mint a kúpoló kemencéknél.

3 AZ ELÉRHETŐ LEGJOBB TECHNIKÁK (BAT) MEGHATÁROZÁSA SZERINT FIGYELEMBE VETT TECHNIKÁK

3.1 BEVEZETÉS

Ez a fejezet írja le azokat a technikákat (vagy ezek kombinációit), és a kapcsolódó ellenőrzéseket, amelyeket úgy tekintenek, mint amelyek biztosítják a dokumentum érvényességi területére vonatkozó iparágakban a környezetvédelem magas szintjének lehetőségét.

Ez lefedi környezet irányítási rendszereket, a folyamat-integrált technikákat és a folyamatvégi intézkedéseket. A hulladék képződés megelőzése és irányítása, beleértve a hulladék minimalizást és az újrahasznosítási eljárásokat, szintén figyelembe lettek véve. Továbbá, az alapanyag, víz és energia felhasználás csökkentési technikákat is lefedi.

A Direktíva Melléklet III. felsorol számos, olyan feltételt, amelyek figyelembe veendők a BAT meghatározására, és ezen fejezetben található információk fogják megadni ezeket a feltételezéseket. Amennyire csak lehetséges, a 3.1 Táblázatban bemutatott meghatározott szerkezet van kialakítva az egyes technikák taglalására azért, hogy a technikákra összegyűjtött információk összehasonlítása és objektív elbírálása lehetséges legyen a Direktívában megadott BAT definíció szerint.

Ezen fejezet nem nyújt szükségszerűen a technikákról olyan kimerítő listát, amelyet alkalmazni lehetne a szektorban, és más technikák is létezhetnek még, vagy kifejlesztés alatt állhatnak, amelyeket figyelembe lehet venni a BAT meghatározáshoz egyedi létesítményeknél.

Pontokon belüli megnevezés	Az információ típusa
Leírás	Egy rövid műszaki leírás használva, ha szükséges, kémiai vagy más egyenleteket, képeket, diagrammokat, folyamatábrákat
Elért környezetvédelmi előnyök	A bevezetett technikának köszönhető fő lehetséges környezetvédelmi előnyök (beleértve az energia felhasználás csökkentést; vízbe, levegőbe és talajba történő csökkentett kibocsátásokat; alapanyag megtakarítást; csakúgy, mint termelési kihozatal növekedést; csökkentett hulladékot; stb.)
Környezeti elemek kereszthatások	A technika bevezetéséből adódó, vonatkozó negatív környezeti hatások, lehetővé téve a technikák közötti összehasonlítást azért, hogy megbecsülhető legyen a technikának az egész környezetre gyakorolt hatása. Ez magában foglalhatja az olyan témákat, mint: • alapanyag és víz felhasználása és természete • energia felhasználás és a klímaváltozáshoz való hozzájárulása • sztratoszféra ózon lebontási képesség • fotokémiai ózon képződési képesség • levegőbe történő kibocsátásból származó savasodás • környezeti levegőben lévő részecske anyag (beleértve a mikrorészecskéket és a fémeket) • levegőbe és vízbe történő kibocsátásokból származó talaj és víz tápanyag feldúsulása • vízben lévő oxigénhiány képesség • tartós/mérgező/biológiailag felhalmozódó összetevők (beleértve a fémeket is) • maradékok/hulladék képződése • maradékok/hulladék újra felhasználási vagy hasznosítási lehetőségeinek korlátai • zaj és/vagy szag keletkezés

Pontokon belüli megnevezés	Az információ típusa
	Gazdasági és Kereszt-hatás (ECM) referencia dokumentumot figyelembe kell venni.
Üzemeltetési adatok	Aktuális és üzem specifikus teljesítmény adatok (beleértve a kibocsátási szinteket, az alapanyag, víz, energia felhasználási szinteket és a keletkezett maradékok/hulladék mennyiségét) További, más hasznos információkat: • hogyan legyen a technika megtervezve, üzemeltetve, karbantartva, ellenőrizve és elrendezve • technika használatával kapcsolatos kibocsátás ellenőrzési témák • technika érzékenysége és tartóssága • baleset megelőzéssel kapcsolatos témák
Alkalmazhatóság	Azoknak az üzemeknek vagy folyamatoknak típus szerinti megjelölése, amelyekben a technika nem alkalmazható, bizonyos esetekben az üzembe helyezési korlátokat is, figyelembe véve pl. az üzem korát (új vagy meglévő), az újra felszerelésbe bevont tényezőket (pl. rendelkezésre álló hely), nagyságát (nagy vagy kicsi), a már alkalmazott technikáit és a termékeinek típusát vagy minőségét
Gazdasági vonatkozások	Tájékoztatás a költségekről (tőke/beruházási, üzemeltetési), és a lehetséges megtakarításokról (pl. csökkentett alapanyag vagy energia felhasználás, hulladék terhelés) vagy bevételekről, beleértve azokat a részleteket, ahogy ezeket a költségeket/megtakarításokat vagy bevételeket kalkulálták/becsülték. Az új épületre vagy a meglévő létesítmények újra felszerelésére vonatkozó gazdasági tájékoztatást is tartalmaznia kell. Ennek lehetővé kell tennie a technika azonosítását, és ahol lehetséges, a teljes gazdasági hatását.
Alkalmazási hajtóerő	Ahol alkalmazható, speciális, helyi körülmények, követelmények (pl. jogszabályok, biztonsági intézkedések), vagy nem környezeti kiváltó okok (pl. megnövelt kihozatal, magasabb termék minőség, gazdasági hajtóerők – pl. támogatások, adócsökkentés), amelyek a határidőre történő alkalmazáshoz vezetnek, vagy ösztökélhetik azt.
Minta gyárak	Utalások olyan üzem(ek)re, ahol a technika már alkalmazást nyert, és amelyekből információkat gyűjtöttek, és amelyeket a megfelelő pontban leírtak. Megjelölés utal arra, hogy a technika Európában vagy világszerte mennyire használatos.
Referencia irodalom	Irodalom vagy más referencia anyag (pl. könyvek, beszámolók, tanulmányok, honlapok), melyet a pontban leírtakhoz használtak, és amely további részletezett információkat tartalmaz a technikában. Amikor a referencia anyag nagy mennyiségű lapokból áll, a hivatkozást a vonatkozó lap(ok)ra vagy pont(ok)ra kell tenni.

3.1 Táblázat: A fejezetben leírt egyes technikák ismertetése

Ennek a fejezetnek az alábbi, nyolc fő pontja van:

1. Olvasztási technika kiválasztás
2. Anyagkezelés
3. Olvasztásból származó levegőbe történő kibocsátások csökkentésének technikái
4. Nem olvasztásból származó levegőbe történő kibocsátások csökkentésének technikái
5. Vízbe történő kibocsátások csökkentésének technikái
6. Más hulladékok minimalizálási technikái
7. Energia
8. Környezetirányítási rendszerek

Az üvegipar fő, környezetre gyakorolt hatása lényegében az olvasztásból származó levegőbe történő kibocsátásokból áll. Ezen kibocsátások csökkentésének technikái a 3.4 pontban vannak leírva, amely a legnagyobb és a legrészletezettebb pont e fejezetben. A leírt technikák többsége az üvegipari gyártósorok túlnyomó részére vonatkozik és közös alapokon áll. Emiatt, a 3.4 pont anyag szerinti bontású és az egyes anyagok különféle csökkentési technikái szerint részletezett. Az e pontban leírt technikák annál az anyagnál szerepelnek, amelynél a legnagyobb pozitív vagy negatív a hatásuk, de sok technikának elkerülhetetlen több, más anyagra vonatkozó hatása is van. Ahol célszerű, ott a más anyagokra vonatkozó hatások is ismertetésre kerülnek és más pontokra vonatkozó kereszt hivatkozások is történnek.

A dokumentum különböző részeiben „elsődleges és másodlagos csökkentési intézkedések” kifejezések vannak használva. Ezek a kifejezések segítenek a technikákat csoportosítani. Általában elsődleges technikák azok, amelyek megelőzik, illetve csökkentik a szennyező anyagok képződését; és a másodlagos technikák azok, amelyek átalakítják a szennyező anyagokat kevésbé veszélyesebbé (pl. átalakítás más anyaggá) vagy olyan formában gyűjtik össze, hogy lehetségessé válik az újra felhasználása, újrahasznosítása vagy lerakása. Néhány technika nem sorolható be egyszerűen egyik vagy másik kategóriába, és ahol ez célszerű, ott a szövegben ez világosan jelezve van.

A különböző technikák teljesítményének az összehasonlítására és megbecslésére a kibocsátási adatok bemutatásra kerülnek, amennyire csak az információk elérhetők, együtt a létesítmény üzemeltetési paramétereivel, a mintázási eljárarással és az átlagolási időszakkal.

A kibocsátási adatok abszolút vagy koncentráció értékben vannak megadva, és az aktuális termelésre vagy a termelési kapacitásra vonatkoznak. Az egyes technikák legjellemzőbb gazdasági vonatkozásai is leírásra kerülnek azért, hogy azonosítsák, az adott technika teljes gazdasági hatását, ahol lehetséges. A költségekre és a felhasználásra, a termelés vagy az idő egységére vonatkoztatva különböző mértékegységek használhatók.

E fejezetben fontos föltételezés az, hogy ha egy technika sikeres egy alkalmazásban, eltérő hatása lehet egy másik szektorban, vagy akár ugyanazon szektornak egy másik alkalmazásában. A költségek, a környezeti előnyök és hátrányok nagymértékben különbözhetnek az egyes szektorokban és az egyes alkalmazásokban. Az egyes technikák elérhetőségére és alkalmazhatóságára számos példa kerül leírásra.

A folyamatos olvasztásra e fejezetben leírt bármelyik technika alkalmazhatóságának megbecslésénél figyelembe kell venni, hogy bevezethető-e a kemence üzemelése alatt, vagy sem (tehát az átépítéskor, mert ekkor a legjobb). Az üvegiparban fontos jellemző az a tény, hogy a kemencéknek korlátozott élettartama van, amely után azt fel kell újítani vagy át kell építeni változó mértékben. Általában, a fosszilis tüzelőanyag tüzelésű, csomagoló üveget, síküveget, üveggyapotot és folyamatos üvegrostot termelő kemencék manapság 10 és 20 év között, néhány esetben 20 év fölött folyamatosan üzemelnek. A speciális üveg és háztartási üveg gyártó fosszilis tüzelőanyag tüzelésű kemencék többnyire 3–8 évig üzemelnek folyamatosan. Az elektromos fűtésű kemencék élettartama minden alkalmazásnál a rövidebb élettartam felé alakul, vagyis 2–7 év. Néhány, más kemence, úgymint a kúpoló kemence és az üveg fritt gyártás keverékének olvasztói sokkal rövidebb időszakban üzemelnek, vagyis a néhány naptól a néhány hétig.

A folyamatos olvasztásnál két fő átépítési kategória létezik:

- a „normál” átépítéskor a kemence tűzállóanyagát, és ahol célszerű, a regenerátorokat újítják fel a tűzállóanyag részleges vagy teljes cseréjével. A kemence acélkeret szerkezete jelentősen nem módosul és a kemence méretei alapvetően változatlanok maradnak. Ahol nincs a kemence követelményekben és a technológiában jelentős változás, ott ez a legszokásosabb átépítés a két üzemeltetési időszak között.
- A „teljes” átépítés többnyire magába foglalja a kemence és az összes kapcsolódó berendezés és létesítmény cseréjét. Ezt már érdemes összevetni egy új kemence konstrukcióval, bár a legtöbb esetben a meglévő infrastruktúrát és részlegesen a regenerátorokat meg lehet tartani. Ez a típusú átépítés kevésbé szokásos, és többnyire ott alkalmazzák, ahol a kemence követelmények (pl. jelentősen megnövelt olvasztási felület vagy a tüzelési kapacitás jelentős változása) vagy a technológia indokolja. A teljes átépítés általában lényegesen több költséget igényel, mint a normál átépítés.

A kemence üzemeltetési időszakában a kemence módosításának lehetősége korlátozott. Bár a károsodott tűzálló anyagok cseréje vagy megtámasztása meleg javítással gyakran megoldható, és az égő módosítások és cserék is viszonylag egyszerűek. Az olvasztási technológiát érintő lényeges változásokat többnyire akkor a leggazdaságosabb bevezetni, ha a kemence átépítéssel vannak összekapcsolva. Ez igaz lehet a komplex másodlagos csökkentési intézkedésekre is. Bár, a kemence üzemeltetés sok javítása, beleértve a másodlagos technikák bevezetését is, lehetséges az üzemeltetési időszakban. Ahol célszerű, ott ezek a kérdések taglalásra kerülnek a különböző technikák alkalmazhatóságára.

A „normál” és a „teljes” átépítés közötti különbségtétel nem abszolút, és van számos fokozat a legegyszerűbb normál átépítés és a kemence teljes eltávolítása majd teljes cseréje között. Például, egy kis javítást melegen vagy hidegen is el lehet végezni, a speciális károsodás javításával vagy egy kisebb módosítás bevezetésével. Egy kisebb átépítés megtörténhet a tervezett hideg javítás alatt is, a tűzállóanyagok többségének a meghagyása ellenére és csak a sérült részek cseréje mellett. A legfontosabb különbség az, ami úgy a költségeket, mint az új technológia bevezethetőségét érinti, hogy van-e jelentős változás a kemence acélkeret szerkezetében és így a méreteiben, vagy sem.

Főleg kemencékre vonatkozó speciális eseteknél, amelyeket sűrűn átépítenek és kisebb a beruházási költségük, a környezetvédelmi javulások és a kemence átépítés koordinálásának előnyei kisebb jelentőségűek, noha ezekben az esetekben, a környezetvédelmi javulások gazdaságosabbak lehetnek, ha a kemencére tervezett más műveletekkel és beruházásokkal is koordinálva vannak.

3.2 OLVASZTÁSI TECHNIKA KIVÁLASZTÁS

Az üvegyiparban használatos olvasztási technikák a 2 fejezetben vannak leírva. Méret tartományuk a kis fazekas kemencéktől, a nagy 900-1000 t/nap üveg gyártására képes regeneratív kemencékig terjed. Az olvasztási technika kiválasztása sok tényezőtől függ, de leginkább a kívánt kapacitástól, az üveg kémiai összetételétől, a megkívánt üveg minőségétől, a fűtőanyag áráról, az oxigén árszintjétől, a helyi elektromos áram áráról és a meglévő infrastruktúrától. Egy új gyárra, vagy egy kemence átépítésre vonatkozó kiválasztás a legfontosabb gazdasági és technológiai döntések egyike. A kívánt kapacitás és az üveg típusa a meghatározó tényezők.

A regeneratív vagy a rekuperatív kemencék közötti választás normális esetben gazdasági és műszaki megfontolásokon alapul. Ezért a környezeti vonatkozások itt csak röviden kerülnek ismertetésre. A hagyományos levegő–tüzelőanyag tüzelés és elektromos vagy oxy–

tüzelőanyag olvasztás fontos tényező a BAT meghatározásban és ezek a technikák külön vannak leírva. Hasonlóképpen, más speciális olvasztási technikák is, pl. a LoNO_x ® olvasztó az anyag specifikus pontokban külön kerülnek ismertetésre.

A 2 Fejezetben leírt technikák mindegyike rendelkezik előnyökkel, hátrányokkal és korlátozásokkal. E leírás időpontjában, pl. a technikailag legjobb és leggazdaságosabb módja a nagy mennyiségben történő float üveg gyártásnak a nagy, kereszttüzelésű regeneratív kemence; bár az oxigén árszintjétől függően, az oxy-tüzelésű float kemence is gazdaságos alternatívát nyújthat. Az alternatívák vagy még nem teljesen kipróbáltak a szektorban (pl. oxy-tüzelőanyag olvasztás), vagy az üzlet gazdasági vagy technikai vonatkozásaiban kompromisszumoknak tekintendők (pl. elektromos olvasztás vagy rekuperatív kemencék).

A hasonló jellemzőkkel bíró üveg szektoroknál (pl. csomagoló és háztartási üveg) egy olvasztási technika életképes lehet egy szektorra, és nem, egy másikra a műszaki és gazdasági feltételezések alapján.

A kemence környezeti teljesítménye az olvasztási technika kiválasztás, az üveg típus és a minőségi követelmény, az üzemeltetési módszer és a másodlagos kibocsátás csökkentési technikák alkalmazás kombinációjának eredménye. Környezeti szempontból, azok az olvasztási technikák, amelyek természetükből adódóan kevesebb szennyezést bocsátanak ki vagy elsődleges eszközökkel szabályozhatók, általában előnybe részesítendők a másodlagosokkal szemben. Mindazonáltal, a gazdasági és technikai gyakorlatot figyelembe kell venni és a végső döntést optimális egyensúlyba kellene hozni.

A különböző olvasztási technika környezeti teljesítménye nagy mértékben függ a gyártandó üveg típusától, az üzemeltetés módjától és a kialakítástól. Például, rekuperatív TV üveg kemence kibocsátása (másodlagos csökkentés alkalmazása előtt) nitrát bevitellel az élettartamának a vége felé csak kevéssé hasonlít az újonnan épült, folyamatos üvegrost rekuperációs kemence kibocsátásához, amely optimalizált geometriával, üvegösszetétellel és tüzeléssel rendelkezik. A specifikus termék minőségi követelmények a különböző szektorokban szintén hatással lehetnek a kemence környezeti teljesítményére. Ezek a tényezők a különböző olvasztási technika nehéz és korlátozott értékű, közvetlen mennyiségi összehasonlítását adják, és az alábbi pontokban, a 2 fejezetben leírt technikák fő környezeti vonatkozásait összesítik csupán. A különböző kemence típusokból eredő kibocsátás különbségek e fejezet azon pontjában vannak taglalva, ahol anyag specifikusság szempontjából ez célszerű.

Az elektromos olvasztás eltér az alábbiakban leírt más technikáktól, mert a technológiában alapvető változás van, és ez rendkívül jelentős hatással van a kibocsátásokra. Az elektromos olvasztás a BAT meghatározás tekintetében, az egyike az ennek megfelelő specifikus technikáknak. Mindazonáltal, mivel az összes kibocsátásra vonatkozó hatása miatt nem illeszthető könnyedén bele e fejezetbe, az anyagok szerinti felosztásba, így e pontban kerül ismertetésre.

A más olvasztási technikák, amelyek eltérőek hagyományos tüzelőanyag/levegő kemencéktől és nagyon jelentős hatást mutatnak főleg a nitrogén-oxid kibocsátásoknál a 3.4.2 pontban vannak leírva. Az oxy-tüzelőanyag olvasztás és a speciális kemence kialakítások a 3.4.2.5 és a 3.4.2.3 pontokban vannak sorrendben ismertetve.

Regeneratív kemencék

Ezek a kemencék általában jobb energia hatékonyságúak, mint a más hagyományos fosszilis tüzelőanyag tüzelésű kemencék, köszönhetően az égéslevegő nagyobb hatékonyságú

előmelegítő rendszerének. Az olvadt üveg tonnára vetített alacsony energia felhasználás az égéssel kapcsolatos sokféle kibocsátás csökkenéséhez vezet. Bár, a magas előmelegítési hőmérséklet kedvez a nagyobb NO_x képződésnek. Ezek a kemencék nagyon jó eredményeket mutatnak az elsődleges kibocsátás csökkentési technikákkal, különösen az NO_x vonatkozásában. A regeneratív kemencék két típusából az U-lángú mutat jobb energia hatékonyságot és kisebb kibocsátásokat. Mindazonáltal, a keresztüzelésű regeneratív kemencéken lehetséges úgy beállítani a forró pontot, hogy jó minőségű üveg legyen gyártva még nagy kemence méret esetén is az olvadt üveg tömegáramának jobb szabályozásával.

Egy keresztüzelésű kemence cseréje csak teljes átépítéssel lehetséges. Feltételezve, hogy egy ilyen kemencét a rendelkezésre álló helyen lehetséges felépíteni, a teljes átépítéssel kapcsolatos járulékos költségek meghaladhatják bármilyen üzemeltetés környezeti vagy gazdasági előnyeit.

A regeneratív kemencék nagy beruházási költsége azt jelenti, hogy normális esetben csak nagy volumenű termelés esetén életképesek gazdaságilag (általában >100 t/nap, bár, vannak példák kisebb kemencékre is). Az >500 t/nap termelésű keresztüzelésű kemencéket azért használják, hogy a kemence teljes hosszán jó hőszabályozás legyen.

Rekuperatív kemencék

Ezek a kemencék alacsonyabb energia hatékonyságúak, mint a regeneratív kemencék, de a rekuperátor rendszeren keresztül még lényeges hőhasznosítás történik. Az energia hatékonyság további javítása lehetséges további technikák alkalmazásával pl. elektromos pótfűtés, hőhasznosító kazán, gáz előmelegítés és keverék/cserép előmelegítés. Az előmelegítés hőfoka kisebb, mint a regeneratív kemencéknél, így jó eredmények érhetők el az elsődleges NO_x csökkentéssel.

Mindazonáltal, általában a koncentrációban (mg/Nm^3) kifejezett NO_x kibocsátások alacsonyabb értékeket mutatnak a rekuperatív kemencéknél, a regeneratív és rekuperatív kemencék fajlagos kibocsátása $\text{kg NO}_x/\text{t üveg}$ értékben kifejezve összevethető azzal, hogy a speciális kialakítású kemencék ($\text{LoNO}_x^{\text{®}}$ kemencék) ebből kivételek.

Kombinált fosszilis tüzelőanyagú és elektromos olvasztás

Elveiben különböző, két megközelítés van erre a technikára, meghatározóan fosszilis tüzelőanyagú tüzelés elektromos pótfűtéssel, vagy meghatározóan elektromos fűtés fosszilis tüzelőanyag kiegészítéssel. Sok kemencében használnak elektromos pótfűtést, és ez a teljes energia bevitel 2–20%-át teszi ki. A csomagoló és float üveg kemencéknél általában az elektromos pótfűtés nagysága nagyon korlátozott ($<5\%$), az elektromos áram költségéből adódóan. Az elektromos pótfűtés csökkenti a kemencéből származó közvetlen kibocsátásokat, mivel egy adott üveg kivételnél kiváltja a fűtés egy részét. Ahogy az, az elkövetkező 3.2.1 pontban leírásra kerül, ha emelkedettebb nézőpontot veszünk, akkor a telephelyen elért csökkentéseket a fűtés előállításához kapcsolódó kibocsátásokkal is össze kellene vetni.

Az elektromos pótfűtéssel kapcsolatos magas költségek azt jelentik, hogy általában nincs egy gyakorlati hosszú távú kibocsátás csökkentési lehetőség alapszintű termelésre. Ez egy üzemeltetési eszköz, amelynek a használata be van határolva a gazdasági és a műszaki vonatkozásokkal. Az elektromos pótfűtés olyan technikákkal alkalmazható, mint az alacsony NO_x égők azért, hogy javuljon az olvasztás és csökkenjenek a kibocsátások, de ez nem egy költség hatékony lehetőség, ha elszigetelten alkalmazzák. Az elektromos pótfűtés a kemencében lévő olyan konvekciós áramlások javítására is használható, amelyek segítik a hőátadást és a tisztulást. Mindazonáltal, az elektromos pótfűtés teljes környezeti előnyeinek értékelésekor figyelembe kell venni az erőművi elektromos áram termelés hatékonyságát.

A meghatározóan elektromos fűtés fosszilis tüzelőanyag kiegészítéssel jóval kevésbé szokásos technika. Az elektromos olvasztás számos környezeti előnyét lehetővé teszi, a technikának a műszaki és gazdasági korlátainak a meghaladásával. Az alapanyagok leolvastási sebességét az égők használata megemeli. Nyilvánvaló, hogy vannak a tüzelőanyag elégésével kapcsolatos kibocsátások, és ezek a hő bevitel mértékétől függenek. E fejezetben, számos kibocsátás csökkentési technika van megtárgyalva, amelyeket ezekre a kemencékre alkalmazni lehet, beleértve az alacsony NO_x égőket és az oxy-tüzelőanyag olvasztást is.

Szakaszos keverékolvasztás

A technikát hagyományosan a fazekas kemence kis mennyiségű keverékének a szakaszos olvasztására használják, bár az olyan más technikák, mint a nappali kád és a Flex[®] melter kemencék is egyre szokásosabbá válnak. A specifikus üzembe helyezés logisztikájától technika a kiválasztása többnyire függni fog, nevezetesen a termelés nagyságától, gyártandó üveg összetételek számától és a vevői követelményektől. A fejezetben ismertetett elsődleges csökkentési intézkedésekből jó néhány alkalmazható kisebb vagy nagyobb mértékben. A leghatékonyabb technikák valószínűleg az üveg összetételek és a tüzelési technikák optimalizálása. A fazekas kemencék kialakítása miatt, a technika jobb eredményeket ad a nappali kád és félig folyamatos kemencéknél. Ahol a nappali kád vagy a folyamatos/félig folyamatos olvasztás használható, ott többnyire jobb energia hatékonyság és alacsonyabb kibocsátások érhetők el.

Kőzet gyapotolvasztás

A legszokásosabban használatos technika a kőzetgyapot olvasztásra a forró szeles kúpoló kemence, bár léteznek példák az elektromos olvasztásra és a gáztüzelésű kemencékre is. Néhány esetben, ezen más lehetőségek kísérleti jelleggel, míg teljes méretű gyárak azért, hogy a technikának a hosszú távú életképességét tanulmányozzák, vagy kimondottan a helyi körülményeknek köszönhetően kerültek kiválasztásra. A forró szeles kúpoló kemence számos üzemeltetési előnnyel rendelkezik, és a szektoron belül előnybe részesített technika. Az alternatív technikák vagy nem adnak semmilyen lényeges környezeti előnyt, vagy a szélesebb alkalmazásukra nincs igazolva a technikai és gazdasági életképességük.

3.2.1 Elektromos olvasztás

Leírás

A technika a 2.3.4 pontban van leírva, mert sok szektorban ez egy szokásos alapolvasztási technika. Az elektromos olvasztásnak fontos hatása van a szennyező anyag kibocsátásokra, és így ebben a fejezetben kerül taglalásra, mint „elsődleges” csökkentési intézkedés.

Elért környezetvédelmi előnyök

A kemence fosszilis tüzelőanyagának teljes helyettesítésekor megszűnnek az égéskor keletkező termékek a létesítmény szintjén (de a villamos áram előállításakor figyelembe veendő); nevezetesen a kénoxidok (ha tüzelőolajat használnak) termikus NO_x és széndioxid (CO_2). A kemencéből csupán kiporzási részecske, valamint a keverék anyagok bomlásából származó főként CO_2 (karbonátokból), NO_x (nitrátokból), továbbá SO_x (szulfátokból) távozik. Az alkalmazott elektromos olvasztások legtöbbször, a keverékben lévő szulfát mennyisége elég alacsony, mivel más derítő és oxidáló szer használata gyakoribb (pl. nitrátok).

Kis mértékű halid pl. hidrogén-fluorid (HF) vagy fém kibocsátások is lehetségesek ott, ahol ezek az anyagok az alapanyagokban jelen vannak. Mindazonáltal, a kibocsátások jelentősek

lehetnek a fluoriddal adalékolt keverékeknél. Az illó keverék komponens kibocsátások is jelentősen kisebb mértékűek a hagyományos kemencékhez képest, mert csökkentett a gázáram, továbbá az olvadt üveget teljesen befedő keverékrétegben azok abszorpció, kondenzáció illetve kémiai reakciók révén megkötődnek.

A kemence a keverék beadagolásnál általában nyitott, és ezen a helyen jelentős légáramlás alakul ki a távozó keletkező gázok és az olvadékból származó meleg miatt. Többnyire valamilyen ventilációt szükséges alkalmazni azért, hogy a por, a gázok és a meleg eltávozhasson anélkül, hogy a munkahelyet terhelné. Ezt vagy természetes huzattal vagy elszívással érik el. A természetes huzattal távozó gáz rendkívül kis mennyiségű, de nagy por koncentrációjú és alacsony diszperziójú lehet.

A por kibocsátást egy por csökkentő rendszer segítségével tartják ellenőrzés alatt, ami a kis térfogatok miatt többnyire zsákos szűrő. Ez a megoldás rendkívül alacsony por kibocsátást eredményez, és lehetővé teszi a száraz mosóval történő HF kibocsátás csökkentését is, ha szükséges. Lásd a 3.4.1.3 és 3.4.3 pontokat.

Az elért aktuális kibocsátások nagyban függenek a keverék összetételétől, és az alacsony távozó gázáram térfogat miatt a kibocsátási koncentrációk összehasonlítása félrevezető lehet. Mindazonáltal, az elektromos kemence káros anyag kibocsátása az azonos olvasztási teljesítményű levegő-fosszilis tüzelőanyag tüzelésű kemence kibocsátásának 10-100-ad része.

Környezeti elemek kereszthatások

Az elektromos olvasztás alkalmazása a kemencéből származó közvetlen kibocsátásokat nagyban csökkenti és a termikus hatékonyság is nagyon nagy. Mindazonáltal, ha ennek a technikának a teljes környezeti hatását vesszük figyelembe, akkor a szükséges energia előállítás környezeti hatása csökkenheti az előnyök egy részét. Ennek teljes kvantitatív elemzése lehetetlen e dokumentumban. Az elektromos áram előállításával kapcsolatos környezeti kérdések nagyon összetettek és rendkívül különbözőek az EU-n belül és az egyes gyártószektorok tekintetében.

Az elektromos áramot nemzeti, helyi vagy az erre a célra létrehozott szolgáltató is biztosíthatja, amelyek úgy a költséget, mint a szolgáltatás hatékonyságát is érinthetik. Ha az energia a nemzeti szolgáltató hálózatról származik, akkor a forrásai nagyon változatosak lehetnek. A szén, olaj, gáz, nukleáris, vízi és más megújuló forrásokból származó energia mindegyike nagyon különböző környezeti hatásokkal jár.

Az elektromos és a fosszilis tüzelőanyaggal történő olvasztás termikus hatékonyságának különbsége csökken, ha az elektromos energia (elsődleges energia) előállításának hatékonysága is figyelembe van véve. Az elektromos energia előállításának forrásától is nagyban függ, de például a hagyományos fosszilis tüzelésű erőműnél az elsődleges tüzelőanyaghoz viszonyított elektromos áram felhasználói pontban mért hatékonysága a 30–35% közötti tartományra tehető. A kombinált ciklusú földgáz turbinás erőműre ez a szám az 50%-hoz közeli lenne.

Az elektromos energia termelésével kapcsolatos közvetett CO₂ és NO_x kibocsátást egy kis 20 tonna/nap termelésű, nem ólom kristály üveg kemence kibocsátásának becsülik. Ebben az esetben, a fosszilis tüzelőanyag tüzelésű kemencéről, elektromos kemencére történő áttéréssel elért 14 tonna/év NO_x kibocsátás csökkentést teljesen kiegyenlíti az elektromos energia termelésből közvetett kibocsátás, aminek mennyisége megfelel 15–16 tonna NO_x/év és 6300 tonna/év CO₂ közvetett kibocsátásnak. De nem mindig ez a helyzet; az ólom kristály üveg

kemencéknél a nettó CO₂ és NO_x kibocsátás (közvetett + közvetlen) valamivel kisebb az elektromos kemencénél, mint a fosszilis tüzelőanyag tüzelésűnél, de a kettő közötti különbség elég csekély.

A technikával kapcsolatos kis távozó gáz mennyiségének köszönhetően, bármely soron következő csökkentési berendezés költsége nagyon kicsi és a leválasztott kis mennyiségű por teljes mértékben újrahasznosítható. Az alacsony illóanyag veszteség szintén csökkenti az alapanyag felhasználást, amely csökkenti úgy a kibocsátásokat, mint a költségeket. Ez rendkívül előnyös néhány drága és/vagy mérgező komponensnél, mint az ólom oxidok, fluoridok, arzén vegyületek, borax, stb..

Üzemeltetési adatok

Általában, az elektromos olvasztás nagyon homogén, magas minőségű üveget állít elő, főleg a speciális üvegek esetén, ahol a keverék összetétel illó összetevőket tartalmaz. Némely háztartási és speciális üveg alkalmazásnál, ezek lehetnek az elsődleges okok az elektromos olvasztás mellett.

Mindazonáltal, a hideg-boltozatú kemencék kisebb kihozatali tonna értékű „ablak”-kal rendelkeznek, mint a hagyományos kemencék. Pl. egy 40 t/nap kapacitású hideg-boltozatú elektromos kemence 36 – 44 t/nap közötti kapacitással üzemel jól. Amikor, egy speciális gép gyártási sebességen egy kisebb tonnára van szükség, akkor az elektromos kemencét nehéz szabályozni, és nagyobb kihozatali mennyiséget kell tartani (túlfolyás); több üveg van megolvasztva, mint amire a termelésnél szükség van, ami nagyobb termelési költségeket eredményez. Megfordítva, egy 40 t/nap kapacitású hagyományos kemence, ha szükséges 25–30 t/nap kapacitáson nagyon kevés problémával tud üzemelni..

Az üvegiparon belüli hagyományos álláspont szerint a nátrium-nitrát vagy kálium-nitrát ahhoz szükséges, hogy az oxidáló körülményeket biztosítsák hideg boltozatú elektromos kemencékben a stabil, biztonságos és hatékony gyártási folyamat számára. A nitrátok alkalmazása az NO_x kibocsátást közvetlenül érinti, és bár nem szükségesek minden alkalmazásnál, ez csökkentheti az elektromos olvasztás számos környezeti előnyét. Az oxidálószerként való nitrát használat ott még fontosabb, ahol a szerves vegyületeket tartalmazó hulladékot újrahasznosítják az olvasztóban. A magas idegen cserép szint (vagy más újrahasznosított anyagok) néha szag problémákat okozhat.

Az elektromos olvasztással kapcsolatos fő előnyök és hátrányok összefoglalását a 3.2 Táblázat mutatja.

Előnyök:

- rendkívül kismértékű közvetlen kibocsátás
- nagyobb fajlagos olvasztási teljesítmény lehetősége kemence felület m²-re vonatkoztatva
- jobb, közvetlen energia hatékonyság
- egyes esetekben kisebb alapanyag költség
- sok esetben az elektromos olvasztás jobb minőségű, homogénebb üveget ad
- kisebb beruházási költség és kisebb kemence helyigény
- egyszerűbb üzemeltetés lehetősége

Hátrányok:

- drága üzemeltetési költség
- a kemence élettartama rövidebb
- nagy mennyiségű üveg gyártására jelenleg nem képes sem műszakilag, sem gazdaságilag
- kevésbé rugalmas és nem használható magas minőségű üvegek nagy kihozatal változásainál
- az elektromos áram fejlesztésével együtt járó környezetszennyezés

3.2 Táblázat: Az elektromos olvasztás fő előnyei és hátrányai

Háztartási üveg gyártás, főként kristály és ólom kristály, minta létesítmény van bemutatva 3.3 Táblázatban.

Üzemeltetési feltételek		
	1 kemence	2 kemence
Kemence típus	Hideg-boltozatú elektromos kemence	Hideg-boltozatú elektromos kemence
Kemence kor	4 év	7 év
Kapacitás	27 t/nap	15 (magnézium kristály üveg) 20 t/nap (ólom kristály üveg)
Átlag termelés	25 t/nap (2006)	15.8 t/nap (2005)
Üveg típus	Ólom kristály	Magnézium kristály üveg, ólom kristály
Cserép	csak saját	csak saját
Porszűrő alkalmazás	igen	igen
Fajlagos energia felhasználás ⁽¹⁾	Olvasztás: 4.32 GJ/t olvadt üveg	Olvasztás: 7.20 GJ/t olvadt üveg
	Teljes: 7.70 GJ/t olvadt üveg, 15.4 GJ/t késztermék	Teljes: 10.58 GJ/t olvadt üveg, 21.16 GJ/t késztermék
Füstgáz térfogat ⁽²⁾	15 000-20 000 Nm ³ /óra (száraz gáz üzemeltetési O ₂ tartalomnál)	15 000-20 000 Nm ³ /óra (száraz gáz üzemeltetési O ₂ tartalomnál)
Kapcsolódó kibocsátási szintek ⁽³⁾		
Részecske anyag ⁽⁴⁾	2.8 mg/Nm ³	
NO _x (nitrátok a keverékben) ⁽⁵⁾	420-560 mg/Nm ³ (8.1 kg/t)	340-460 mg/Nm ³ (10.4 kg/t)
SO ₂ ⁽⁵⁾	Nem vonatkozik - nincs kén a keverékben	
HCl ⁽⁵⁾	<3 mg/Nm ³	
HF ⁽⁵⁾	<1 mg/Nm ³	
Sb ⁽⁵⁾	gáz <0.01 mg/Nm ³ részecske: <0.01 mg/Nm ³	
Pb ⁽⁵⁾	gáz <0.01 mg/Nm ³ (kimutathatóság alatt) részecske: <0.04 mg/Nm ³	
1. Az adat a felhasználási pontban vett energiára utal és nincs korrigálva az elsődleges energiához. 2. A magasabb füstgáz térfogat a levegő elszívás maximális mennyiségéből adódik. 3. Alkalmazott csökkentési intézkedések/technikák; meleg-végi folyamatokból származó elszívott füstök (ólom elpárolgása). 4. Másfél órás folyamatos mérés átlaga. 5. Kétévenkénti egyedi mérések (félórás közép értékek).		

3.3 Táblázat: Minta létesítmény a háztartási üveg szektornál (kristály és ólom kristály) alkalmazott elektromos olvasztásra

[110, Austria, Domestic glass plants 2007]

Alkalmazhatóság

Az elektromos olvasztás az üvegyipar számos területén alkalmazható, és széles körben elterjedt több szektorban úgy, mint a magas hőmérsékletű szigetelő gyapot, ásványgyapot, speciális üveg, háztartási üveg és kisebb mértékben a csomagoló üvegnél, kisebb tonnánál pipere üvegeknél. Az elektromos olvasztást csak kemence átépítéskor lehet megkötés nélkül beüzemelni. Nem ismeretesek olyan teljes méretű példák a síküveg és a fritt szektorban, amelyek tisztán elektromos olvasztással üzemelnek. Ezt a technikát potenciálisan nagyon illő, szennyező üvegek gyártásánál (pl. ólomkristály és opálüveg) és nagy értékű termékeknél alkalmazzák elterjedten.

E technikának a szélesebb körű használatát az üzemeltetési költségek és több technikai feltétel korlátozza. Amint előbb említésre került, a fő korlát az üzemeltetési költség és ez, a mérettől függően, meghatározza a felső méretkorlátját a gazdaságos életképességnek.

E dokumentum megszületésének idején (2010), nem alkalmazzák ezt a technikát nagy tömegű üveg termelésére (>300 tonna per nap), és így ez sem műszakilag, sem gazdaságilag nem tekinthető még teljes mértékben bizonyítottnak. A folyamatos üvegrost termelésben történő elektromos olvasztás alkalmazását jelenleg nem lehet sem gazdaságilag, sem technikailag életképesnek tekinteni, mivel az ezen típusú termékekhez gyakran használt E-üveg alacsony alkáli tartalommal rendelkezik, ami nagyon alacsony vezető képességet eredményez.

1989 és 2000 között, elektromos fűtésű kemencével üzemeltettek egy kísérleti float üveg gyártósort az Egyesült Királyságban. Azért építették ezt az üzemet, hogy demonstrálják az elektromos olvasztás hideg-boltozat elvét a float üveggyártásban. Az üzem ezen a meghatározott méreten sikeresen működött, és különféle exotikus üvegek gyártására használták, a kibocsátásait nagyon nehéz lenne egy hagyományos tüzelésű kemencéhez mérni. Az alkalmazás bemutatta, hogy a csak elektromos kemencével üzemelő teljes méretű float üveg gyártósor (>500 tonna per nap) jelenleg gazdaságilag nem életképes, a magas üzemeltetési költségek miatt. A kemence már nem üzemel.

Gazdasági vonatkozások

Az elektromos olvasztás életképessége főként az elektromos áram és a fosszilis tüzelőanyagok árkülönbségétől függ. A megírás időpontjában (2010), az átlagos áram költség per energia egység 4–5-szöröse a tüzelőolaj költségének. Az elektromos áram költségek akár 100%-al is eltérhetnek a Tagállamok között, mindazonáltal a fosszilis tüzelőanyagok árai a csökkenő különbségek irányába mutatnak. A fűtőanyagárak és ezek variációi a 3.4.3.1 pontban kerülnek megtárgyalásra. Az elektromos kemencék termikus hatékonysága nagy; átlagosan 2-4-szer jobb, mint a levegő-fosszilis tüzelőanyag tüzelésű kemencéké. A nagy, energia hatékony kemencék a tartomány alsó részén helyezkednek el, míg a kisebb kemencék a felső részen.

Az elektromos kemencék beruházási költségei jóval kisebbek, mint a hagyományos kemencéké, ami évenként részlegesen kiegyenlíti a magasabb üzemeltetési költségeket. Mindazonáltal, a kemencéknek rövidebb az üzemideje mielőtt átépítést vagy javítást igényelnek, vagyis 2-7 év, szemben a hagyományos kemencék 10-20 évéhez. A kis, levegő-tüzelőanyag tüzelésű hagyományos kemencék (kb. 50 tonna/nap alatt) hő vesztesége viszonylag nagy a nagyobb kemencékhez képest. A 10-50 tonna/nap tartományban, az elektromos kemence versenyképesebb lehet a levegő-tüzelőanyag kemencék fajlagosan nagyobb hő vesztesége miatt.

Nem lehet általános következtetést levonni az elektromos olvasztás, szemben a tüzelőanyag tüzelésű olvasztás költségeinek tekintetében; az összes költségek megfontolásainál eset

specifikus alapon kell eljárni, mivel néhány paramétert (elhelyezkedés, a különböző energiák forrásai és árai, kemence kapacitás, termelési rugalmasság, kemence élettartam, az elérendő üveg minőség, a folyamat stabilitása, stb.) szükséges figyelembe venni, főleg amikor az összes elektromos kemence a regeneratív, rekuperatív és oxy-tüzelésű kemencékkel van összehasonlítva.

Példaként, az asztali áru/kristályüveg szektorban, egy kb. 30 tonna/nap, teljesen elektromos olvasztású kemence és egy rekuperatív unit melter kemence összehasonlítása kb. 3 millió EUR-al nagyobb beruházási költséget mutat a kemence rövidebb élettartama miatt, de alacsonyabb üzemeltetési költségeket (350 000 EUR-al kevesebb). Ez némileg alacsonyabb költségeket eredményez olvadt üveg tonnára vonatkoztatva.

A jelenlegi gyakorlatot alapul véve, az elektromos kemence mérete, mint nagyon általános irányjelző a javasolt arra, hogy az életképes lehet-e, vagyis amelyek potenciálisan gyakorlati alternatívák lehetnek. Vannak azonban érthető kivételek a helyi körülményeknek köszönhetően:

- 75 tonna/nap alatti kemencék általában életképesek
- 75-150 t/nap tartományban egyes esetekben még gazdaságos lehet
- 150 t/nap értéknél nagyobb kemencéknél általában valószínűleg nem gazdaságos.

A pénzügyi feltételeket is nagyban befolyásolhatják az olyan telephely specifikus tényezők, amelyek magukba foglalják: az érvényes energia költségeket; a termék minőségi követelményeket; a rendelkezésre álló helyet; az alternatív csökkentési intézkedések költségeit; az érvényes jogszabályokat; a könnyű üzemeltetést; és az alternatív kemencék várható élettartamát.

Azokban a Tagállamokban, ahol a fosszilis tüzelőanyagok és az elektromos áram árai közötti különbség a megadott tartomány felső részén van, ott az elektromos olvasztás lehetősége kevésbé tűnhet vonzónak. Ilyen esetekben, ez arra juttathatja az üzemeltetőt, hogy a más technikákkal való kombinációt válassza, a csak elektromos olvasztás helyett.

Amikor elektromos kemencéket alkalmaznak, az olvasztási folyamattal kapcsolatos CO₂ kibocsátások kicsik, mivel ezek csak a keverék összetételéből származnak. A kapcsolódó üzemeltetési költségeket alig érintené a kemence kibocsátásait fedező szükséges CO₂ kibocsátási engedélyek költsége (2003/87/EC és 2009/29/EC Európai Direktívák, amire a Kibocsátás Kereskedelmi Ügyrend lett létrehozva az üvegház hatású gáz kibocsátásokra); mindazonáltal, a villamos energia előállítás EU-ETS miatti költségeinek köszönhető közvetett hatását elektromos energia árára figyelembe kell venni.

Mindazonáltal, az elektromos áram előállítási forrásától függ az, hogy az elektromos kemence tekinthető-e nagyobb „karbon” hatékonyságúnak, vagy sem.

Speciális, boroszilikát üveg gyártáshoz alkalmazott elektromos olvasztási technikával kapcsolatos költségek alakulásáról minta létesítmény van megadva 3.4 Táblázatban.

Üzemeltetési feltételek	1 kemence	2 kemence		
Kemence típus	Elektromos kemence	Elektromos kemence		
Tervezett életkor	60 hónap	60 hónap		
Max. boltozat hőmérséklet	230 °C	230 °C		
Kapacitás	38 t/nap	48 t/nap		
Jelenlegi kihozatali arány	35 t/nap	45 t/nap		
Üveg típus	Boroszilikát, fehér	Boroszilikát, fehér		
Cserép	70%	70%		
Fajlagos enrgia felhasználás ⁽¹⁾	4.45 GJ/t üveg	3.91 GJ/t üveg		
Szűrőpor alkalmazás	nincs	nincs		
Légszennyezés szabályozó rendszer és kapcsolódó költségek ⁽²⁾		1 kemence és 2 kemence		
Szűrő típus (két különálló szűrő)		Zsákos szűrő		
Szűrő előtti hőmérséklet		80 °C		
Megkötő anyag		Ca(OH) ₂		
Megkötő anyag mennyisége		3 (kg/óra)		
Szűrőpor		Hulladék lerakó		
Energia felhasználás ventilátort is beleértve		20 (kWh/h)		
Beruházás/csere költségek		440 000 EUR		
Amortizációs időtartam		10 év		
Üzemeltetési költségek		50 000 EUR		
Éves amortizációs költségek		58 520 EUR		
Teljes éves költségek		108 520 EUR		
Becsült költségek per tonna üveg		3.71 EUR/t üveg		
Kapcsolódó kibocsátási szintek				
	1 kemence		2 kemence	
	mg/Nm ^{3 (3)}	kg/t üveg	mg/Nm ^{3 (3)}	kg/t üveg
Részecske anyag	1.2	0.0017	0.8	0.0008
NO _x ⁽⁴⁾	72	0.39	103	0.29
SO ₂	0.7	0.0037	4.7	0.013
HCl	5.1	0.028	22.0	0.061
1. Az adat a felhasználási pontban vett energiára utal és nincs korrigálva az elsődleges energiához.				
2. A költség adatok a levegőszennyezés szabályozó rendszer üzembe helyezésének évére vonatkoznak és nem szükségszerűen reprezentálják a jelenlegi költségeket.				
3. A koncentrációk a mért oxigén tartalomra vonatkoznak.				
4. Az NO _x kibocsátások a keverék összetételben alkalmazott nitrátokból származnak.				

3.4 Táblázat: Minta létesítmény a speciális üveg szektornál alkalmazott elektromos olvasztásra

[75, Germany-HVG Glass Industry report 2007]

Alkalmazási hajtóerő

Az elektromos kemence energia hatékonysága jobb, mint a neki megfelelő hagyományos kemencéé. A távozó gázok mennyisége rendkívül kicsi (csak a keverék bomlásának gázai). Az elektromos áram használata helyileg előnyös lehet, egy nem karbon alapú energiapolitika keretében.

Minta gyáarak

Schott Glas, Mainz, Germany – Speciális üveg.

British Gypsum Isover, Runcorn, UK – Üveggyapot.

Saint-Gobain Desjonqueres, Mers-les-Bains, France – Csomagoló üveg.

Bormioli Luigi, Parma, Italy – Háztartási üveg

Bormioli Rocco e Figlio, Bergantino, Italy – Boroszilikát csomagoló üveg

Referencia irodalom

[65, Glass for Europe-Proposals for GLS revision 2007] [94, Beerkens - APC Evaluation 2008]

3.2.2 A kemencék üzemeltetése és karbantartása

Leírás

Az olvasztó kemence üzemeltetése és karbantartása a kemence öregedésével járó környezetterhelés minimalizálására szolgáló elsődleges technika. Ezt a technikát szokványos módon használják a hosszú élettartamú regeneratív kemencéknél, de ezekből az ajánlásokból néhánynak a használata más kemencéknél is lehetséges.

A hagyományos üveg olvasztó kemencék (tüzelőanyag-tüzelésű kemencék) hosszú ideig üzemeltethetők és sok esetben az a tendencia, hogy ezt tovább és tovább növeljék, akár 12 éven is túl egészen 18 évig. A tűzálló anyagok elhasználódása és öregedése csakúgy, mint a mozgása (kiterjedése és összehúzódása) végig kíséri a kemence élettartamát, és ebből adódóan hő és energia hatékonyság csökkenést okoz a kemence felépítményének repedései miatt. A repedések káros légbeszivárgást okozhatnak (pl. a kemence nyomás függvényében).

Ezért nagyon fontos, hogy állandó kemence megfigyelés és ellenőrzés legyen kialakítva azért, hogy biztosítva legyen a szükséges karbantartás az öregedés hatásának minimalizálására és az üzemeltetési feltételekre és azok paramétereire.

A legfontosabb teendők a tűzállóanyag karbantartására vonatkozólag:

- mindig biztosítani, hogy a kemence és a regenerátorok falai le legyenek kenve azért, hogy a káros légbeszivárgást elkerüljük
- az összes kemencenyílást (pl. benéző nyílások, ellenőrző minták vételére szolgáló nyílások, dog house és égőkövek) bezárni és/vagy tapasztani, amikor nincsenek használatban
- amikor szükséges, a rácsok tisztítandók a regeneratív kemencék hőátadásának javítására és biztosítandó a rekuperatív kemencék hőcserélőinek megfelelő karbantartása
- a lehetséges maximális szigetelés alkalmazandó az aktuális kemence feltételekhez

A kemence üzemeltetésre vonatkozó, megállapított paramétereket állandó értéken kell tartani a termelési folyamattól és a használatos elsődleges intézkedésektől függően, az alábbi beállítások révén, pl.:

- az égő pozicionálása és légbeszivárgás mentessé tétele égőkövekkel
- a stabilizált láng feltételeinek ellenőrzése pl. hossz, fényesség és hőmérséklet eloszlás
- a levegő/tüzelőanyag arány szabályozása

A kemence felügyelete és szabályozása alapvető a legjobb eredmény elérésére. Az alkalmazott berendezésekre megfelelő karbantartási programot kell kialakítani.

Elért környezetvédelmi előnyök

E technika legfontosabb előnyei az energia felhasználás és az NO_x kibocsátás csökkenése. További előny lehet a por kibocsátás csökkenés, a jobb égő pozicionálásból és jobb láng feltételekből következő kiporzás csökkenés miatt.

A jól karbantartott kemence öregedése az energia felhasználás növekedését vonja maga után, amit évi 1.5 és 3% közöttire becsülnek a regeneratív kemencék esetén, a kevesebb hőszigetelés és a kisebb hőcserélő hatékonyság miatt. A gyenge karbantartás jelentősen megemelheti ezeket a felhasználásokat.

A káros légbeszívárgás csökkenti az energia hatékonyságot, mert ez a levegő nincs előmelegítve, és a tüzelési feltételek is megváltoznak. A levegővel a kemencébe bekerülő további nitrogén is ellenőrizetlen módon növeli az NO_x képződést. Különleges figyelmet érdemelnek az oxy–tüzelésű kemencék azért, hogy mellőzve legyen az a légbeszívárgás, amit a kemence és/vagy égőblokkok gyenge tömítése okoz, és amelyik NO_x képződéshez vezetne.

Az NO_x és az energiafelhasználás csökkenésén túl, a kemence karbantartása a termelékenységet és a gyártott üveg minőségét is javítja, mert ez az olvasztás stabilitását is tudja növelni. A javulások becsléséről egyenlőre még nem állnak rendelkezésre információk.

Általában, egy jól karbantartott kemencénél az összes elem (pl. kemence boltozat, paliszádak, regenerátor boltozatok, regenerátor töltet) élettartama növekszik.

Környezeti elemek kereszthatások

A rács tisztításakor szilárd hulladék áram képződik, amely tűzállóanyaggal és/vagy fémekkel lehet szennyezve. Ebben az esetben, a port (főleg nátrium-szulfát) nem lehetséges újrahasznosítani az olvasztó kemencében és a szilárd hulladékot lerakóba kell helyezni.

A levegő/tüzelőanyag arány szabályozásra bevezetett intézkedések a regenerátor kamrában jelentős CO koncentrációt okozhatnak. A sztöchiometrikus arány alatti levegővel való tüzelés és a nagyon redukáló füstgázok (amit a nagyon magas CO koncentráció jelez) a regeneratív kamrában lerakódásokhoz és a rács tűzálló anyagának lehetséges károsodásával járó agresszív só kondenzálódásokhoz vezethetnek és ebből következően a kemence üzemeltetési élettartama csökkenhet.

Üzemeltetési adatok

A kemence üzemeltetés jó gyakorlatába bele kell érteni a kemence paraméterek felügyeletét és az összes kemence nyílás lezárását. A felügyeleti terv a kemencétől (pl. típusa, mérete, kora, elhasználódása, rács típusa) az olvasztott és termelt üveg típusától, a felhasznált tüzelőanyagtól (olaj vagy gáz), stb. függ.

Példaként egy felügyeleti terv a következő lehetne:

- káros légbeszívárgásokra (lyukak, repedések): napi szemrevételezés és beavatkozás (lekenés, betapasztás), ha szükséges
- regenerátorokra: rendszeres szemrevételezés a kemencénél dolgozók által. Rácstisztítás, amikor szükséges.

Alkalmazhatóság

Ez a technika a már meglévő vagy új kemencék életciklusa alatt is alkalmazható. Ez hasznosabb az összes oxy-tüzelésű, a rekuperatív és a regeneratív kemencéknél. Feltételezések szerint, ez más kemencéknél is lehetséges, de ezt egyedileg szükséges megvizsgálni.

Sok, modern üvegyártó vállalatnál, a megfelelő kemence karbantartással, üzemeltetési eljárásokkal és ellenőrzésekkel környezeti előnyöket és energia csökkentést értek el már.

Gazdasági vonatkozások

E technika alkalmazásával kapcsolatos költségek magukba foglalják a felügyeletben és a karbantartásban résztvevő minősített személyzet kiképzését, a szükséges berendezések beszerzését úgy, mint kamerákat, oxigén és hőmérsékletmérő érzékelőket, stb.. Ha a szulfát port hulladék lerakóba viszik, akkor további költségek fognak felmerülni.

Mindazonáltal, a karbantartási költségek közel sem vethetők össze az energia megtakarításból, a jobb minőségű termékekből és a nagyobb termelékenységből adódó előnyökkel.

Az elérhető energia megtakarítások az ETS Direktíva keretében alacsonyabb CO₂ kvóta egység költségeket eredményeznek.

Alkalmazási hajtóerő

A kemence életciklusának a végén nehezebb teljesíteni az NO_x kibocsátás törvényi kötelezettségeit. Csak úgy lehet ezeket a kibocsátás növekedéseket lecsökkenteni, ha a kemencét karbantartással a lehető legjobb állapotban tartjuk.

Minta gyárak

A legnagyobb csomagoló üveg gyártók úgy, mint a Saint Gobain, Owens-Illinois (O-I), Ardagh Glass, stb. ezt a technikát alkalmazzák a kemencéiknél. A síküveg szektorban a legtöbb vállalat (pl. AGC, Pilkington NSG Group, Saint-Gobain) a kemencéiknél szintén ezt a technikát alkalmazzák.

Referencia irodalom

[75, Germany-HVG Glass Industry report 2007] [78, DUTCH oxy-firing furnaces 2007] [79, TNO OxyFiring2005ATIVFinal 2005] [85, Spanish BAT Glass Guide 2007]

3.3 ANYAGTÁROLÁSI ÉS -KEZELÉSI TECHNIKÁK

Az üvegyipar sokszínűsége a felhasznált alapanyagok nagy változatosságát eredményezi. Ezen alapanyagok többsége szilárd, szervesetlen vegyület; vagy természetesen előforduló ásványi anyag, vagy mesterségesen előállított termék. Vannak köztük nagyon durva anyagok, de finom porállagúak is. A legtöbb szektorban, folyadékokat, illetve, kisebb mértékben, gázokat is használnak.

3.3.1 Anyagtárolási technikák

Az ömlesztett, porállagú anyagokat általában silókban tárolják; a kibocsátást zárt silókkal minimalizálni lehet, amelyeket megfelelő porleválasztó berendezésekkel, például szövet szűrőkkel szellőztetnek. Ahol megvalósítható, ott az összegyűlt anyagot visszajuttatják a silóba, vagy újrahasznosítják a kemencében. Ha az anyag mennyisége nem teszi szükségessé

silók használatát, a finom anyagok zárt konténerekben vagy vízhatlan zsákokban is tárolhatók. A durva, poros anyagok rakatait a szélkiporzás elkerülése érdekében lefedve kell tárolni.

Figyelmet kell fordítani az idegen cserep tárolására, amely a por, az illó kibocsátások és a másodlagos alapanyagon visszamaradt szerves anyagokból származó szagok potenciális forrása; bár az idegen cserepet a szállítás előtt erre specializált vállalatoknál kezeléssel a specifikált követelményeknek megfelelővé teszik. Azokban az esetekben, amikor a por különös problémát jelent, úttisztító járművek és vízpermetező technikák alkalmazására lehet szükség.

Az illó alapanyagokat úgy kell tárolni, hogy a lehető legkisebb legyen a levegőbe jutó kibocsátás. Általánosságban, az ömlesztett anyagok tárolása során a hőmérsékletet a lehető legalacsonyabban kell tartani és a nap fűtő hatása, stb. okozta hőmérséklet-változásokat is figyelembe kell venni. Magas gőznyomású vagy szagos anyagok esetén különleges technikák alkalmazása válhat szükségessé a tartály levegőztetéséből adódó vagy a folyadék beadagolás miatti a gőzkiszorításból származó kibocsátás csökkentésére.

Tárolótartályok atmoszférikus nyomáson történő veszteségeinek csökkentésére szolgáló intézkedések/technikák az alábbiak:

- a tartály alacsony napfényelnyelési képességgel rendelkező festékekkel történő festése
- hőmérséklet-szabályozás
- a tartály szigetelése
- készletkezelés
- úszófedeles tartályok alkalmazása
- gőzvisszavezető rendszerek alkalmazása
- belső tömlőzárású tartályok alkalmazása
- nyomás/vákuum szelepek alkalmazása, ha a tartályokat úgy tervezték, hogy ellenálljanak a nyomásingadozásnak
- különleges kibocsátás-kezelési technikák alkalmazása, pl. adszorpció, abszorpció, kondenzáció
- felszín alatti töltés.

További információk az anyagok tárolásával kapcsolatban, amelyek megelőzik és minimalizálják a diffúz/illó kibocsátásokat meg lehet találni a: [121, Reference Document on Best Available Techniques on Emission from Storage. European Commission 2006]

3.3.2 Anyagkezelési technikák

Az anyagkezelésre vonatkozó technikák már a 2.1 pontban le lettek írva. Csak nagyon kevés téma van az anyagok kezeléséből származó levegőbe történő kibocsátások tekintetében, amelyek specifikusak az üvegiparra. Ezért ez a pont csak összegzi azokat a technikákat, amelyeket általában figyelembe kell venni, hogy az anyagok ezen típusainak kezelésére egy jó gyakorlat kerüljön kialakításra.

Ha az anyagokat földszint feletti szállítószalag szállítja, akkor azt valahogyan zárttá kell tenni, a szél okozta jelentős anyagvesztés megelőzésére. E rendszereket meg lehet úgy tervezni, hogy a szállítószalagot minden oldalról körülzárják. Pneumatikus szállítás esetén fontos, hogy legyen egy szűrővel ellátott zárt rendszer, amely a szállító levegőt kibocsátás előtt megtisztítja. A szállítás során történő porkibocsátás és a kemencéből a finomszemcsés anyagok „kiporzás”-ának csökkentésére a keverék bizonyos százalékban vizet tartalmazhat, általában 0-4%-ot. Egyes eljárások (pl. boroszilikát üveg gyártása) során száraz

keverékanyagot alkalmaznak, és ha száraz anyagot használnak, a porkibocsátás lehetősége is nagyobb és elővigyázatosabban kell eljárni.

Általában, a füstgáz kezelő rendszerből származó por nagyon finom és jelentős mennyiségű reakcióba nem lépett alkáli reagenst tartalmazhat, amelyeknél korrozív és/vagy irritáló jellemzők lehetnek jelen. Ebből következően, ennek az anyagnak a kezelése és raktározása kiemelt figyelmet érdemel.

A porkibocsátás egyik leggyakoribb helye a kemence beadagoló területe. E terület porkibocsátásának ellenőrzés alatt tartására szolgáló főbb intézkedések/technikák a következők:

- a keverék nedvesítése
- enyhe negatív nyomás alkalmazása a kemencében (kizárólag az üzemeltetés elválaszthatatlan kiegészítőjeként alkalmazható, főleg a frittgyártó olvasztó kemencéknél). Meg kell jegyezni, hogy a negatív nyomás káros hatással lehet a kemence energia hatékonyságára, mivel lehetővé teszi a hideg levegő kemencébe jutását. Gyakorlatban egy enyhe pozitív nyomást, kb. 5 Pa, szoktak alkalmazni az összes üvegolvasztó kemencénél.
- olyan alapanyagok használata, amelyek nem okoznak aprózódást (főként dolomit és mészkő). Ez a jelenség azon ásványoknál jelentkezik, amelyek „pattogzódnak”, amikor hőhatásnak van kitéve, a por kibocsátás lehetséges növekedésének következményével.
- porelszívás és annak szűrőrendszerbe való juttatása, (gyakori a hideg-boltozatú olvasztóknál)
- zárt csigás adagolók használata
- adagológarat körülzárása (hűtés szükséges lehet).

Porkibocsátás történhet közvetlenül a légkörbe vagy a gyártó csarnokokba. Ebben az esetben a por lerakódhat az épületben, és az épületet átjáró légáramlatok általi diffúz kibocsátáshoz vezethet. A potenciálisan nagyon poros területeken, mint például a keverőüzemek területén, található épületeket érdemes a lehető legkevesebb nyílással és ajtóval tervezni, vagy szükség esetén porvisszatartó függönyt alkalmazni. A kemencék épületeiben gyakran szükség van a természetes hűtés biztosítására, ezért gondoskodni kell szellőzőnyílásokról, stb. Fontos a magas színvonalú takarítás és az összes por elleni intézkedés megfelelő betartása (tömítés, elszívás, stb.).

A folyamat azon területeit, ahol nagy valószínűséggel por keletkezik (pl. zsákok kinyitása, fritt és a keverék összekeverése, szövet szűrők poreltávolítása, stb. során), érdemes olyan elszívókkal ellátni, amelyek a megfelelő porleválasztó berendezésekbe juttatják a port. Ez lényeges lehet olyan kisebb berendezéseknél, ahol több kézi anyagkezelés történik. Mindezen technikák különösen fontosak a mérgezőbb alapanyagok kezelése és tárolása során, pl. ólom-oxid vagy fluor-vegyület esetén.

Referencia irodalom

[121, EC 2006]

3.4.1 Részecske anyagok

Jelen dokumentum értelmezése során a „részecske anyagok” kifejezés magában foglalja az összes olyan anyagot, amely a mérési pontban szilárd halmazállapotú, és amely az olvasztásból származó kibocsátások vonatkozásában a porral azonos jelentésűnek tekintendő. A két kifejezés jelen fejezetben egymással felcserélhetően használható. Az „összes részecske anyag” kifejezés magában foglalja az összes szerves és szervetlen szilárd halmazállapotú anyagot (alsó mérethatár korlátozása nélkül), és folyadék anyagokat (cseppeket és aeroszolt), amelyek a füstgázokban jelen lehetnek. Az üvegkemencék számára a mérési pontban különösen fontos a hőmérséklet, mert néhány anyag, amely port képez (különösen a borátok), már viszonylag alacsony hőmérsékleten illóvá válhat. Az e folyamatokból származó por természete is nagyban nehezíti a mérés pontosságát.

Az üvegkemencékből származó porkibocsátás jellege a különböző folyamatok során változik, de főként a kemence kivitelezésétől és üzemelésétől, valamint az üvegösszetételtől függ. Az olvasztásból származó por három elsődleges forrása a következő:

- keverékanyag kiporzás
- a keverék részecskéi között és az üvegolvadás során fellépő reakció és elpárolgás
- a tüzelőanyagok fémszennyeződése

Az olvasztási folyamattal kapcsolatos por kibocsátás másodlagos forrását a gázszennyezők a füstgáz kezelésre alkalmazott alkáli reagensek közötti kémiai reakció által képződött szilárd termékek jelentik.

Fosszilis tüzelőanyag tüzelésű kemencék esetén a forró üvegfeleletről kibocsátott illó anyagok elpárolgása és az azt követő reakció/kondenzáció vitathatatlanul az össz-porkibocsátás legnagyobb részét teszi ki. Átlagosan a porkibocsátás 80-95%-a így módon történik. Ezért fontos az illó anyagok kondenzálása a füstgáz kezelése és mérése előtt. Ez nem jelent problémát a nátrium-szulfát esetén (olvadáspont kb. 884 °C), de a borátokat tartalmazó füstgáz esetén erre figyelni kell.

A keverékanyag kiporzás általában kevesebb, mint 5%-át teszi ki egy modern, jól működő kemence végleges kibocsátásának. Ez a por a keverék összetevőiből áll, és nagy részét a legkönnyebb anyagok alkotják.

A tüzelőanyagok fémszennyeződése (vanádium és nikkel) is hozzájárul a porkibocsátáshoz, de általában jóval alatta marad az össz-kibocsátás 5%-ának. E szennyeződések főleg a tüzelőolajból származnak, amely az össz-kibocsátást kis mennyiségű hamuval is növeli. Fémszennyeződéseket a cserép és egyéb alpanyagok is tartalmaznak.

Az anyagok elpárolgásának és a részecske képződésnek a mechanizmusait minden üvegtípusra még nem teljesen értették meg. Különösen így van ez az SO₂-ban gazdag füstgázok (olajtüzelésű kemencék) esetén, amikor a részecske képződés mechanizmusa 400 °C alatti hőmérsékleten igen összetett, különböző vegyületek képződhetnek (nátrium-hidrogén-szulfát NaHSO₄, nátrium-piroszulfát Na₂S₂O₇, kénsav H₂SO₄), amelyek figyelmen kívül hagyása nagymértékben befolyásolhatja a részecske koncentráció mérési eredményeinek megbízhatóságát. Az Európai Unióban gyártott üvegek kb. 90%-a mésznátron üveg, és a

legtöbb információ ezen összetétellel kapcsolatban áll rendelkezésre. A mész-nátron-üveg kemencéből származó por túlnyomóan nátrium-szulfátból áll. A por egészen 98%-ban oldható anyagokból tevődik össze, amelynek 80-90%-a nátrium-szulfát. A maradék függ a pontos üvegösszetételtől, de főként szulfátokat tartalmaz, elsősorban kálium-szulfátot (K_2SO_4). Az oldhatatlan frakció főleg szilícium-dioxidot tartalmaz kisebb mennyiségű fém mellett (pl. Al, Fe és Cr). Amennyiben idegen cserép kerül felhasználásra, a por egyéb komponenseket is tartalmazhat (pl. Pb). A részecskeátmérő általában a 0.02-1 μm tartományban helyezkedik el, de a kis szemcsék azonnal nagyobb részecskékké állnak össze. A jelenlegi tanulmányok azt mutatják, hogy a síküveg kemencéből származó kibocsátásokban a részecske anyag 0.02 és 2 μm közötti átmérővel, 1.3 μm medián átmérővel fordul elő úgy a kezelt, mint a kezeletlen füstgázokban (lásd: Glass International, September 2009 - Particle size range in the waste gas of flat glass furnaces) [178, GlassInternational September 2009]. Az elpárolgás számos folyamatát különböztetjük meg, amelyek a 3.4.1.1 pontban kerülnek ismertetésre később.

Azon üvegek esetén, amelyek összetételében jelentős mennyiségű bór található (pl. folyamatos üvegrost, üveggyapot és boroszilikát üveg), a kibocsátott por fő komponensei a borátok. Ezenkívül még szulfátokat, szilícium-dioxidot és a keverék összetevőitől, szennyeződéseitől függően egyéb vegyületeket (pl. dolomit, mészkő) tartalmaznak.

Mivel a keverék összetevői az egyes üvegtípusoktól függően jelentősen eltérőek lehetnek, a keletkező por összetétele is különbözik és eltérő képződési mechanizmusokat követ. Az üvegolvadékból kipárolgó fő bórvegyületek a nátrium-metaborát ($NaBO_2$), a kálium-metaborát (KBO_2) és a meta-bórsav (HBO_2).

Az ásványgyapot gyártása során a keverék nagy mennyiségben tartalmaz bór-oxidot, de nátrium-oxidot is, amely az olvadás során elpárolog, majd 900 °C alatt egészen 650-700 °C hőmérsékleten szilárd nátrium-metaborátot ($NaBO_2$) képez. Kis mennyiségű bór kerül kibocsátásra gázhalmazállapotban, elsősorban metabórsavként (HBO_2). A por kémiai összetételét főleg az alkáli-borátok jellemzik és csak kisebb mértékben a bórsav.

A helyzet eltér az olyan más üvegeknél, amelyek bór-tartalmaznak. Folyamatos üvegrosthoz felhasznált E-üveg gyártása során az alkáli-oxidok alacsony koncentrációja (jellemzően kb. 1 tömeg %) kihat a porképződés mechanizmusára és a nátrium-metaborát ($NaBO_2$), valamint a kálium-metaborát (KBO_2) párolgása mellett elsősorban a HBO_2 metabórsav párolgását eredményezi. A füstgáz hűtése során szinte az összes nátrium és kálium kondenzálódik és szulfátokat képez, amelyet az üvegolvadék nátrium-szulfáttal és, kisebb mértékben, alkáli-boráttal történő derítésből származó SO_2 jelenléte eredményez, a gázalakú bórvegyületek reagálhatnak más olyan anyagokkal, mint a bórsav (H_3BO_3): $HBO_2 + H_2O \rightarrow H_3BO_3$. [167, Hans van Limpt (TNO) 2007]. A bór- és meta-bórsav alacsony kondenzációs hőmérsékletet mutat és a szűrési hőmérsékleten gázformában vannak jelen (főleg a bórsav) a füstgázban. Ebben az esetben, 200 °C alatti hőmérsékleten, de akár 60 °C-on is, a legtöbb bórsav vegyület gázhalmazállapotú vegyületként van jelen a füstgázban.

Borozsilikát üveg esetében a porképződés mechanizmusa jelentősen befolyásolja a szűrőrendszerek füstgázban található bórvegyület-eltávolító képességét. A hulladékgáz összetétele, a szűrőrendszer üzemeltetési hőmérséklete, az abszorpciós szer típusa és a szűrőrendszerbe való bejuttatás helyzete rendkívül fontos a gázalakú bórvegyületek megkötéséhez.

Sok esetben, amikor az olvasztókemence füstgáza gáz halmazállapotú bórvegyületeket tartalmaz, a mintavétel helyén a (mért) részecske tartalom erősen függ az alkalmazott mérési módszertől és a füstgáz hőmérsékletétől. Azért, hogy meg legyenek különböztetve a

füstgázban lévő részecskék és a gázalakú bórvegyületek, egy speciális mérési eljárást kell alkalmazni.

A dokumentum megírásának időpontjában (2010), van néhány folyamatban lévő és tervezett kutatás a boroszilikát üvegek füstgázában lévő bórvegyületek csökkentésére.

Az ólomüvegben (TV és kristályüveg) az ólom párolgása ólom-oxid képződéshez, és néha ólom-szulfát kondenzációhoz vezethet.

A hideg-boltozatú elektromos olvasztókban a porkibocsátás sokkal alacsonyabb és szinte kizárólag a keverékanyag kiporzásából származik. A magas hőmérsékletű tüzelési atmoszféra hiánya eleve kizárja a részecske anyagok reaktív párolgás általi képződését.

A közetgyapot kúpoló kemencékből kibocsátott por összetétele az alapanyagokból származó por, az égéstermékek és az olvasztás során keletkező kondenzált illó anyagok keveréke.

Az üvegfeldolgozásból származó fémek levegőbe jutó kibocsátásai nagyrészt a részecske anyagokban vannak. Ezért jelen fejezetben a fémek nem kerülnek külön tárgyalásra, hanem csak a porkibocsátás vonatkozásában lesz róluk szó, és ahol lehet, utalás történik más pontokra. Bizonyos esetekben azonban jelentős gázhalmazállapotú fémkibocsátás történhet, például bronz színű vagy színtelenített üvegből szelén, egyes ólomkristályból vagy speciális üvegfeldolgozás során vagy szennyeződésekkel az idegen cserépben (főleg ólom, lásd lentebb) ólom, szabadulhatnak fel.

A fémek fő forrásai az alapanyagok, a cserép és a tüzelőanyag, és a speciális anyagok alkalmazása és a különleges tulajdonságok (pl. ólom-oxidok, színező/színtelenítő anyagok) elérése érdekében használt adalékanyagok. Az idegen cserép a fémszennyeződés fontos forrása, különösen az ólom vonatkozásában (a csomagoló üvegcserep múltbeli szennyezettséget mutat az ólomüveg miatt, ami tárgya a 94/62 számú, EU Comagolás és Csomagolási Hulladék Szabályozása Direktívának, egy átlagos 200 ppm-es riasztási értékkel), de más fémekkel kapcsolatban is, például higanyszennyeződés léphet fel, ha a cserép higanygőz fénycsövet tartalmaz.

Három fő megközelítés létezik a fémkibocsátás vagy poron belüli, vagy gázhalmazállapotú összetevőként történő szabályozásával kapcsolatban:

1. Alapanyag kiválasztás a szennyeződések minimalizálására, és ahol lehetséges alternatív adalékanyagok használatára. Az alapanyag kiválasztás magában foglalja a cserép minőség specifikációját is. Ahol csak saját cserepet használnak az idegen cserép korlátozott elérhetősége miatt, ott a fém kibocsátásokat sokkal könnyebb szabályozni.
2. Porcsökkentő technikák, elsősorban zsákos szűrőrendszerek és elektrosztatikus porleválasztók. Ha a kibocsátás fémkoncentrációja jelentős, a teljes pormennyiség 70-80%-a (pl. ólomkristály üveggyártás), a nagy hatékonyságú porcsökkentő rendszerek általában a por- és a fémkibocsátást is csökkenteni tudják.
3. Gázállapotú fémkibocsátás (pl. szelén) lényegesen csökkenthető a porcsökkentők száraz vagy félszáraz mosó technikákkal történő kombinálásával, lásd 3.4.3.3 pontot.

Bizonyos esetekben, és elsősorban Németországban, a fémkibocsátás csökkentése a porcsökkentők száraz vagy félszáraz mosókkal történő kombinálásával kapcsolatos alkalmazási hajtóerő egyik fő tényezője.

Az üvegek kemencék pormentesítésére szolgáló BAT meghatározásba bevont tényezők a következők:

- a por környezeti hatása
- BAT-al kapcsolatos elsődleges és másodlagos csökkentési technikák
- gazdaságos méret és a kapcsolatos költségek megfontolásai

A por környezeti hatása

Környezeti szempontból a por kibocsátások vonatkozó nézőpontja, hogy a por kibocsátások, általában, (nehéz) fém kibocsátások és finom részecske kibocsátások.

Ahogy fentebb ismertette lett, a mész-nátron üvegben a por fő összetevője a nátrium-szulfát (egészen 95%-ig). A nátrium-szulfátot önmagában nem tekintik veszélyesnek. [68, Domestic Glass Data update2007] [168, CPIV - Health Risk Assessment 2009] Mindazonáltal, a 10 µm-nél (PM₁₀) és 2.5 µm-nél (PM_{2.5}) kisebb átmérőjű részecskék kibocsátása, amelyek általában az üveg kemencék kibocsátását jelentik, egészségügyi problémákat és környezet károsodást okozó lehetőségeket jelentenek, és ezért a környezeti politikát készítők részéről egyre nagyobb figyelmet kapnak.

Néhány fémfajta szintén megtalálható az üveg kemencék részecske anyagában. A fő komponensek a szelén (Se), ólom (Pb), króm (Cr), réz (Cu), vanádium (V), nikkel (Ni), antimon (Sb), arzén (As), kadmium (Cd), cink (Zn) és a mangán (Mn). Ezen összetevők kibocsátása nagyban függ a felhasznált újrahaznosított üveg (cserép) minőségétől és mennyiségétől, használnak-e vagy sem tüzelőolajat, vannak-e az üveg színezéséhez és/vagy szintelenítéséhez használt keverék összetételében további fémek.

A feltételezések végsőpontja az, hogy a gázalakú összetevők kondenzációja lehetséges-e a kémény után, amelyik különösen a börtartalmú üvegeknél fordul elő, ahol a gázalakú bórvegyületek egy része a porcsökkentő berendezéseken keresztül jut és kondenzálódik az atmoszférába történt kibocsátás után.

BAT-al kapcsolatos elsődleges és másodlagos csökkentési technikák

Az üvegekemencékből származó porkibocsátások csökkentésének elsődleges és másodlagos technikái a későbbiekben találhatók meg.

Az üvegiparon belül, a másodlagos csökkentési technikák (pl. elektrosztatikus porleválasztók és zsákos szűrők) széles körben vannak alkalmazva, és néhány Tagállamban a kemencék 100%-ban másodlagos porcsökkentővel vannak ellátva. Eddig, a finom részecske anyag, a sav összetevők és a (nehéz) fémkibocsátások csökkentésének igénye okozta a másodlagos intézkedések alkalmazását, mint a legjobb lehetőséget a levegőbe történő kibocsátások tekintetében. Másrészt, a másodlagos intézkedések alkalmazása lényeges pénzügyi költségekkel és bizonyos mértékű környezeti költségekkel jár.

Általában, az elsődleges technikák pozitív szempontjait elfedi műszaki értelemben a másodlagos csökkentési technikák sokkal jobb teljesítménye és az elsődleges intézkedésekkel ilyen alacsony értékek közel jövőbeni elérhetőségének hiánya. Továbbá, a porkibocsátás csökkentés elsődleges technikáinak kizárólagos használata korlátozhatja a kemence üzemeltetési feltételeinek rugalmasságát az alapanyagok (alacsony szennyezőanyagok: fluoridok, kloridok, nehéz fémek), tüzelőanyag típusa (alacsony kén és nehéz fémek) és termelés váltás (színezett és színezetlen üvegek) tekintetében.

Gazdaságos méret és a kapcsolatos költségek megfontolásai

Általában, az üvegipari por másodlagos csökkentési technikáit elérhetőnek, műszakilag életképesnek és, az esetek hatalmas többségében, gazdaságilag is életképesnek tekintik.

Mindazonáltal, miként bármelyik másodlagos technikánál, a gazdaságos méret fontos szempont. Ez azt jelenti, hogy kis kemencéknél, nevezetesen kicsi vagy nagyon kicsi, magas minőségű mész-nátron üveget gyártó, 80 t/nap alatti asztali árut (háztartási üveg) gyártó kemencéknél, ahol a kibocsátások fémtartalma nagyon alacsony, a relatív költségek (költség/ Nm^3 kezelt füstgáz vagy /t olvadt üveg) általában magasabbak, mint a nagy kemencéknél. A költségek az alkalmazástól és főleg a hulladékgázok térfogatától függenek. A fajlagos költségek olvadt üveg tonnára vonatkoztatott értékei jelentősen változhatnak a gyártott üveg típusától és a kemence méretétől függően. A gazdaságos méretet lehetőleg figyelembe kell venni, amikor a BAT meghatározásra kerül egy általános szinten együtt a környezeti előnyökkel: a finom részecske anyagok, a fémek (ha vannak) és a gázmosó savak (ha vannak) eltávolítása, és a környezeti elemek keresztthatások a hulladék képződésnek (ha az újrahasznosítás nem lehetséges), energia felhasználásnak és az elektromos energia és alkáli reagensek alkalmazásából származó közvetett kibocsátásoknak köszönhetően.

3.4.1.1 Elsődleges technikák

[tm18 CPIV, tm30 Dust][19, CPIV 1998][31, CPIV 1998]

Az üvegolvasztó kemence igen dinamikus környezetet jelent, és a kémiai összetétel vagy az üzemeltetési feltételek bármilyen változása szükségszerű következményként hatást gyakorolhat az olvasztási folyamatra, és egyéb kibocsátásokra is. Ezért fontos inkább egy csomagban, és nem külön-külön foglalkozni a jelen dokumentumban leírt összes elsődleges technikával. Mindazonáltal, az érthetőség kedvéért szükségszerűen külön írtuk le az egyes technikákat, de következményként jelentkező hatásairól szoltunk, ahol csak lehetséges volt.

Az anyag kiporzásból származó kibocsátások alacsony szintjét úgy lehet elérni, ha az alapanyag nedvességszintjét fenntartjuk, és a keveréktakaróval való lefedést, részecske méretet, gázsebességet, és az égő pozícionálását szabályozzuk. Azon folyamatok esetén, amelyek száraz és/vagy igen finom keverékanyagokat igényelnek, a kiporzásból származó kibocsátások kissé nagyobbak lehetnek.

Az összes kibocsátáshoz mért részarányuk azonban továbbra is csekély lesz, az illó anyagfajták részarányához viszonyítva. Az anyag beadagolásából származó, porral kapcsolatos problémákkal a fenti 3.3 pont foglalkozik.

Miután a porkibocsátás főként az illó anyagfajtákból származik, az itt tárgyalt elsődleges csökkentési technikák erre a forrásra koncentrálnak. A mész-nátronüveget gyártó kemencék porelemzéséből arra lehet következtetni, hogy a nátriumtartalmú anyagfajták a füstgázban kialakuló port előidéző fő komponensek. A keverékből (pl. NaCl) illetve az olvadékból (pl. NaOH) származó illó anyagfajták a kénoxidokkal reagálva nátrium-szulfátot (Na_2SO_4),-et alkotnak, amely a füstgázban 1100 °C alatt kondenzálódik. A nátriumszulfát legtöbb esetben derítőszerként használatos. A nátrium-szulfát disszociációja az olvadt üvegben olyan kénoxid koncentrációkhoz vezet, melyek jóval magasabbak az égőkamrában és a füstgázokban uralkodó nátrium komponensek koncentrációjánál. Az Na_2SO_4 képződésre tekintettel, a tüzelőanyag égéséből, vagy a keverék szulfátjából származó kénoxidok sztöchiometriai feleslegben vannak a porképződés meghatározó paraméterének számító, illóvá tett nátriumához viszonyítva. A nátrium fő forrása az üvegcserep vagy a szóda, és csak kisebb mértékben a nátriumszulfát. Mindazonáltal, a keverék összetételben alkalmazott nagy mennyiségű nátrium-szulfát a porkibocsátás növekedését okozza.

Erősen kénzegény gázokban nátrium klorid, nátrium fluorid, nátrium-karbonát és nátrium-hidroxid részecskék alakulhatnak ki a füstgázok 900 °C alá hűlése során. Ez nem megszokott dolog, és csak akkor fordulhat elő, ha földgázt használnak, és ha a nátrium-szulfátot más

derítőszerrel, például antimonnal helyettesítik. Síküveg vagy csomagoló üveg esetén soha nem ez a helyzet, de különleges alkalmazásokban előfordulhat.

A mész-nátronüvegben számos különböző elpárolgási folyamat különböztethető meg:

- reaktív elpárolgás az olvadt üveg felületén. A szilikát olvadékban levő nátriumoxid (Na_2O) a felületen vízgőzzel lép reakcióba: $\text{Na}_2\text{O (olvadék)} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2 \text{NaOH (g)}$. Az ilyen típusú elpárolgás lehet a fő forrása a mésznátronüveg olvasztó kemencék por kibocsátásainak
- szintetikus szódában szennyeződésként jelen lévő NaCl elpárolgása. Ez az elpárolgás nemcsak nátrium-szulfát porhoz, hanem HCl kialakulásához is vezet
- nátrium-szulfát elpárolgása az olvadt üveg felületéről
- reaktív elpárolgás a kemence atmoszférájában levő komponenseknek a keveréktakaró felületén létrejövő vegyi reakciói által. Az égőkamrában levő vízgőzről úgy véljük, fontos ahhoz, hogy a szóda reakcióba lépjen és nátrium-hidroxid gőzöket alkosson, a káliumvegyületek is hasonlóan reagálnak: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaOH(g)} + \text{CO}_2$
- alapanyag komponensek elpárolgása a keverék takaró felületéről (pl. homok, földpát, mészkő, szóda, dolomit és nátriumszulfát) általában igen alacsony. A gőznyomások 1200°C alatt és 1000°C fölött igen alacsonyak, és az egyes komponensek már reagáltak, hogy szilikátokat alkossanak
- ugyancsak viszonylag csekély jelentőségű, a nátriumvegyületek elpárolgása a gázbuborékokban a tisztulási folyamat során,
- a külső cserép újra felhasználása esetén (csomagoló üveg kemencék), az üvegcserep között megjelenő ólomüveg, tükör cserepek és fémes ólom szennyező anyagok miatt, az ólomvegyületek (PbO , PbCO_3 , PbSO_4) kibocsátása fordulhat elő. Ez nem a háztartási üveg szektorban lévő mész-nátron üveg esete, ahol általában, csak saját cserepet használnak a minőségi igények miatt. Ezekben az esetekben, a keverék összetételben használt cserépszint folyamat-függő és korlátozott.

A helyzet más üvegtípusok esetén ettől eltérő. A 3.4.1. pontban már említett, alacsony alkáli-bór tartalmú üvegek esetén, a reaktív elpárolgásról úgy véljük, hogy a részecske anyagok fő forrása lehet. A keverék összetételben lévő alkáli tartalomtól és tisztulást elősegítő szertől függően a kibocsátott por összetétele jelentősen változik.

Az elpárolgással járó porképződés igen könnyen bekövetkezik bór tartalmú üvegek esetén, és a csökkentés nélküli kibocsátás koncentrációja általában magasabb, mint mész-nátronüveg esetén. Egyes esetekben több mint tízszer magasabb.

A legtöbb egyéb üvegben, a mész-nátronüvegre vonatkozóan leírt elpárolgási mechanizmus típusok alkotják általában az elpárolgás alapját, de nyilvánvalóan vannak különbségek a kémiai összetételtől függően.

Az elpárolgást befolyásoló legfontosabb tényező a hőmérséklet, a kemence atmoszférájában levő vízgőz tartalom, az olvadék vagy a keverék szőnyeg feletti redukáló gázok és a gázok sebessége az olvadék felületén. A reaktív anyagfajták jelenléte ugyancsak fontos tényező, különösen a nátriumé és a szulfátoké a mész-nátronüvegben, a bór pedig a bór üvegekben. E tényezőt azonban az üveg kémiai összetétele gyakran korlátozza.

Különleges helyzet adódik elő, amikor az olvasztási művelethez oxy-tüzelőanyag tüzelést használnak. A kisebb térfogatú és alacsonyabb sebességű füstgáz valamint az üvegolvadékkal érintkező égésgázok jelentősen eltérő összetétele (jóval magasabb koncentrációjú vízgőz és CO_2) befolyásolja az elpárolgási folyamatokat, ami általában az elpárolgott anyagok

magasabb koncentrációjában és agresszívabb kemence atmoszférában mutatkozik meg; noha a teljes porkibocsátás kg/tonna üveg értékben kifejezve csökken, bár ez a hatás a kemence kialakításától, típusától és az égők helyzetétől erősen függ.

A por kibocsátás csökkentésére használatos elsődleges intézkedéseket alább körvonalazzuk:

a. Alapanyag változtatás

A nátriumklorid fontos tényezője lehet a por-és a klorid kibocsátásoknak. Ez az anyag bizonyos speciális üvegeknél derítőszerként használatos, de jelenléte alacsony szintű szennyeződésként sokkal gyakrabban van jelen a Solvay eljárással készített szódában. Az üvegipar felől érkező nyomás rávette a szódagyártókat arra, hogy jelentősen csökkentsék az NaCl szintet (most általában 1 kg/tonna körül van). Egy további jelentős csökkentés rövidtávon valószínűleg tovább feldolgozást igényelne, és ezért áremelkedéssel járna. Kapható olyan természetes szóda, amely gyakorlatilag NaCl-mentes, de ez az anyag a származási országok adói és a szállítási költségei miatt általában drágább az EU-ban. A szóda fő beszállítója az US.

A legtöbb kemencében jó tisztulással és az üveg helyes oxidációs állapotának fenntartásával arányos minimumra csökkentették a keverékek szulfátszintjeit. A nátrium-szulfát helyett használt alternatív anyagok, pl. az arzén és antimon alapú derítőszer nagyobb környezeti problémát okozhatnak. E területen nem várható olyan további előrehaladás, amely jelentős kibocsátás csökkenéssel járna. A korlátozó tényezőnek a nátriumot tartalmazó gőzök koncentrációját tekintik, de gáztüzelésű kemencék esetén az erősen csökkentett szulfát koncentrációk korlátoznák a gázfázisban történő reakciót.

Bórtartalmú üvegek esetén a bór lényeges a termék és a termék jellemzőinek kialakításához. Az utóbbi években jelentősen csökkentek a bórszintek, de a termelékenység, az energiafogyasztás és a minőség romlása nélkül további előrehaladás már nehéz lenne. A bórtartalmú anyagok viszonylag drágák, és minden erőfeszítést megtettek a felhasználás csökkentése érdekében. A dokumentum megírása idején nincs megbízható alternatívája a bórnak, és a nehézségek sok üzemeltetőt arra vettek rá, hogy másodlagos csökkentési technikákat használjanak, különösen az üveggyapot és bórszilikát kemencék esetén. A szűrőport általában újrahasznosítják a kemencében.

A folyamatos üvegrostot gyártó szektor számos vállalata olyan üvegkeveréket fejlesztett ki, amely alacsony szinten tartalmaz bór- és fluort, vagy ezeket csak nyomelem szinten tartalmazza az alapanyagban. Vannak 0.14 kg/tonna olvasztott üveg alatti részecske anyag kibocsátásokról szóló beszámolók, amelyek összemérhetők a bórtartalmú üvegek kb. 2 kg/tonna olvadt üveg értékeivel, amikor semmilyen elsődleges intézkedést nem tesznek, és a porképződés szempontjából ez bizonyítja a bór fontosságát. Az ilyen típusú üveg magasabb olvadási hőmérsékletet igényel, nehezebb szállá húzni, és a tűzállóanyagra gyakorolt hosszú távú hatását még meg kell határozni. A technológia részletei szabadalmilag védettek, és ezért, noha különösen sokat ígérők, a technológiát nem lehet általánosan hozzáférhetőnek tekinteni. A különböző vállalatok más és más előrehaladást értek el, de ezen összetételek közül már számos piacképes.

b. Hőmérséklet csökkentés az olvadék felületén

A boltozat hőmérséklete fontos tényező a részecskék kialakulásában, mivel több illó anyagfajta jön létre magasabb hőmérsékleten. Mész-nátronüveg kemencékben korreláció mutatható ki a boltozat hőmérséklet, az üvegolvadék felületi hőmérséklete és a részecskéképződés között. A kemence hőmérséklet csökkentését az üveg minőségével, és más

környezeti szempontokkal, pl. a füstgáz NO_x koncentrációjával egyensúlyba kell hozni. Az egy tonna üvegre eső por csökkentésében azok a legnagyobb hatással járó intézkedések, amelyek javítják az energetikai hatékonyságot, és különösen az üveg felé történő hőátadást, így lehetővé teszik az alacsonyabb boltozat hőmérsékletet: A fő szempontok a következők:

- a kemence olyan kialakítása és geometriája, mely a konvekciós áramlásokat és a hőátadást javítja. E módosítások csak a kemence átépítésekor valósíthatók meg. A nagyobb kemencék általában jobb energia hatékonyságúak, egy tonna üvegre vonatkozóan alacsonyabb emissziót is eredményeznek
- elektromos pótfűtés alkalmazása, amely azzal segít a boltozat hőmérsékletének csökkentésében, hogy az energiát közvetlenül viszi be az olvadékba, és a konvekciós áramlásokat javítja. Fontos az elektródák pozicionálása, de ezt nehéz megváltoztatni kivéve, ha a kemencét átépítik. Az elektromos pótfűtés alkalmazását általában a villamos energia költség korlátozza.
- a cserép nagyobb mértékű használata az olvasztás energiaigényét csökkenti, ami az üzemeltetést alacsonyabb hőmérsékleten és alacsonyabb tüzelőanyag-felhasználással teszi lehetővé. És mert az üvegcserep egyszer már megolvadt, ez segít csökkenteni a porképződéshez hozzájáruló illó és reakcióképes anyagoknak, pl. a nátrium-kloridnak és a keverék szulfátjainak, a szintjét. Ez különösen vonatkozik olaj vagy vegyes olajgáztüzelésű kemencékre, ahol a tüzelőanyag igény csökkentése a cserép használata miatt az SO_2 szinteket csökkenti. Korlátozza a cserép alkalmazását a rendelkezésre álló megfelelő minőségű, kémiai összetételű és áru cserép. Például a csomagoló üveg kemencék 5–95%-ban használnak fel cserepet (saját és külső), a mész-nátron háztartási üveg és síküveg kemencék pedig általában 10–40%-ban (általában csak saját), a folytonos üvegrost gyártó kemencék pedig csak ritkán használnak valamilyen üvegcserepet.

c. Az égők pozicionálása

Egy másik fontos tényező az olvadékból származó elpárolgás sebességére az olvadék fölötti gáz utánpótlás sebessége. Nagy gázsebesség vagy az olvadék felületén erős turbulencia esetén, az elpárolgás sebessége megnő. Bizonyos előrehaladást értek el az égők pozicionálásában, az égéslevegő sebességét és irányát, valamint a tüzelőanyag sebességét és irányát optimalizálva. Folytak olyan további munkák is, amelybe beletartozott, hogy a fenti változtatásokat a kemence szélességének változtatásával összekapcsolták, amelynek célja az volt, hogy csökkentse az üvegolvadék fölött a füstgáz sebességét, és a keverék illó komponenseire gyakorolt lehámozó hatást. Azok a változtatások, amelyek a kemence kialakítás módosításával járnak, csak a kemence átépítésével léptethetők életbe, és egyéb változtatások néha hatékonyabbak, ha a kemence áttervezésével valósítják meg őket. Az égők pozicionálását megváltoztatva fontos, hogy a redukáló lángok ne érintsék az olvadékot, mivel ez a por kibocsátást megnövelné, és a felépítményben a tűzállóanyag tönkremenetelét segítené elő, amely esetleg az üvegminőségre hat vissza.

d. Áttérés gáztüzelésre (vagy igen alacsony kéntartalmú tüzelő olajokra)

A tüzelőolaj tüzelésről földgáz-tüzelésre való áttérés a por kibocsátás jelentős csökkenésével járhat. Ennek okát valószínűleg azon különleges kondenzációs reakciók jelentik, amelyeket a részecskék inkább gáztüzelés esetén mutatnak, mint olajtüzelés esetén, noha néhány esetben a csökkentett SO_x szintek is tényezők lehetnek. Például a síküveg szektor 25%-ot meghaladó por kibocsátás csökkenést jelzett, amikor olajról gáztüzelésre tért át. A síküveg szektor egy olyan jelentős hatást is jelzett, amely az olaj kéntartalmának csökkenéséből származott (20 mg/Nm^3 porcsökkenés az olaj kéntartalmának 1%-os csökkenésére vonatkoztatva). A háztartási üvegek terén is hasonló hatást figyeltek meg, alacsony kéntartalmú olajnál (<5%).

A földgáztüzelésre áttérést részletesebben tárgyalja a 3.4.3.1 pont. A fő pontokat alább foglaljuk össze:

- az üzemek többsége már úgy van kialakítva, hogy mindkét tüzelőanyagot használhassa, noha némelyikük földgáz vagy tüzelőolaj ellátással még nem rendelkezik
- a technika költségei főleg az érvényes tüzelőanyag áraktól függenek
- a gázláng alacsonyabb sugárzóképesége folytán az olvadék felé történő hőátadás alacsonyabb, mint olajtüzelés esetén és növeli az energia felhasználást
- a földgáz-tüzelés az olajtüzeléshez viszonyítva magasabb NO_x kibocsátást eredményezhet
- a vegyes tüzelés bizonyos eseteiben, a kétféle tüzelőanyag egyidejű használata ugyanazon kemencében, a kétféle típusú olvasztási folyamatból érdekes kompromisszum adódhat. Az NO_x , az SO_x és a por kibocsátások a helyi környezeti követelményekkel egyensúlyba hozhatók.

e. Egyéb technikák

A hideg-boltozatú elektromos olvasztókból származó kibocsátások minimalizálhatók, ha a beadagolás során a légáramlást és a turbulenciát csökkentjük, valamint ha az alapanyag szemcseméretét és nedvességtartalmát optimalizáljuk. A kőzetgyapot olvasztó kúpoló kemencék por kibocsátásánál az elsődleges intézkedéseket ritkán fogantatosítják, a gyártási hulladék brikettálásának és a keverékbe való beadagolásának kivételével. A megtehető legfőbb lépés az lenne, ha a por eltávolítása érdekében megmosnák a nyersanyagokat. A legtöbb kúpoló kemence azonban zsákos szűrővel van fel szerelve, és ezért kevés dolog ösztönöz az elsődleges intézkedések meghozatalára, mivel igen valószínűtlen, hogy ezek a másodlagos intézkedések szükségességét csökkentenék.

A por kibocsátás csökkentésének elsődleges technikáival kapcsolatos fő előnyöket és hátrányokat a 3.5 Táblázat mutatja be.

Előnyök

- alacsony költség
- inkább a megelőzést, mint a csökkentést célozza
- technikák nem vonnak maguk után energia felhasználást, vagy olyan potenciális szilárd hulladékokat, amelyek másodlagos technikákat igényelhetnek

Hátrányok:

- az elsődleges intézkedések/technikák általában nem tudják kielégíteni a másodlagos technikákhoz kapcsolódó kibocsátási szinteket, mint amilyenek az elektrosztatikus por leválasztók.
- az elsődleges intézkedések/technikák további üzemeltetési korlátokat rónak a technológiára.

3.5 Táblázat: A porcsökkentés elsődleges technikáinak fő előnyei és hátrányai

Elért környezetvédelmi előnyök

Az elsődleges technikák egyedüli használatával elérhető kibocsátási szinteket nehéz számszerűsíteni az eredményt befolyásoló tényezők, valamint a kemencetípusok és üvegek széles skálája miatt.

Lángtüzelésű kemencék esetén a legalacsonyabb kibocsátási szinteket kizárólag elsődleges csökkentő technikák használatával, a mész-nátronüveget gyártó kemencéknél érik el. Az átlagos kibocsátott tömeg kb. 0.4 kg/tonna olvadt üveg, és a kibocsátási koncentráció nagyobb része a 100-300 mg/Nm³ tartományba esik. Van néhány kemence, amely 100 mg por/Nm³ értéknél kevesebbet is elér, de nem ezek a jellemzők.

A dokumentum írása idején kevés üzem rendelkezik 100 mg/Nm^3 alatti por kibocsátási szinttel másodlagos csökkentés nélkül, és elsődleges intézkedésekkel a $100\text{--}200 \text{ mg/Nm}^3$ ($\leq 0.4 \text{ kg/tonna üveg}$) értéket tekinti elérhetőnek. Nem valószínű, hogy ezek a számértékek elérhetők lennének a mész-nátronüvegtől eltérő összetétel esetén. Általánosságban, a többi összetétel esetén az elsődleges technikák optimalizálása a kibocsátást várhatóan a kezdeti érték 10-30%-ával csökkentheti, tehát ahhoz az állapothoz viszonyítva, amikor a por kibocsátás korlátozására semmilyen különleges intézkedést nem hoztak.

Az elsődleges intézkedések másodlagos intézkedéssel kombinálva (szűrőrendszerek, nedves szűrők), a füstgázból eltávolítandó és az újrahasznosítandó vagy lerakandó por mennyiségét csökkentik.

Környezeti elemek keresztthatások

A fent leírt technikák általában, a kibocsátást a kiegészítő vegyszerek/anyagok használata nélkül akadályozzák meg, így a keresztthatásokról azt feltételezzük, hogy pozitívak. Azért, hogy csökkentsék az illó összetevőket a keverék készítésekor használt alapanyagok módosításával, a fajlagos energiafogyasztás növekedését eredményezheti. Ha például vizet adunk a keverék összetételéhez, hogy ezzel a kiporzást csökkentsük, vagy valamelyik nyersanyagot egy kevésbé illóval helyettesítjük, de olyannal, amely magasabb olvadási hőmérsékletet igényel, ez általában az energiafogyasztás növekedését eredményezi. Az olvadék felületének alacsonyabb hőmérséklete befolyásolja az üveg minőségét, ami nagyobb arányban eredményez selejtes készárut, és növeli az egységnyi eladható termékre jutó, fajlagos energiafogyasztást. Az égők eltérő pozícionálása, amelyet az elpárolgási jelenség minimalizálása érdekében használnak, csökkentheti a kemence energia hatékonyságát, melynek következménye a tüzelésből származó fajlagos kibocsátások megnövekedése; ráadásul a lerakodott sók elpárologtatási/kondenzálódási jelenségének módosulása a füstgáznak kitett tűzállóanyagokra potenciálisan veszélyt jelenthet.

Az olaj-tüzelésről földgáztüzelésre való átállást általában az NO_x kibocsátás növekedése kíséri.

Üzemeltetési adatok

A leírások tartalmazzák.

Alkalmazhatóság

Meghatározott korlátokon belül, a leírt technikákat az iparág minden részében általánosan elfogadhatónak tekintik. Az egyik kemencében sikeresen megvalósított technikák azonban nem feltétlenül járnak ugyanazzal a hatással más kemencékben. Az elért csökkentés függ a por kibocsátás kiindulási szintjétől. Továbbá, az e pontban bemutatott technikákból egynél többnek az alkalmazása nem szükségszerűen adható össze a csökkentés szintjére nézve.

Rövid és középtávon a porcsökkentés elsődleges intézkedései valószínűleg szignifikánsabb csökkenést fognak elérni a mész-nátronüvegek terén, mint egyéb üvegtípusok esetén. Kivételt jelenthet az alacsony vagy bór-mentes összetételekkel gyártott folyamatos üvegrost.

Gazdasági vonatkozások

Igen kevés információ áll rendelkezésre az elsődleges technikák költségeiről, de az iparágból azt jelezték, hogy a napjainkig életbe léptetett intézkedések költségét alacsonynak lehet tekinteni. Való igaz, azok a technikák, amelyek csökkentik az energia-felhasználást, költségmegtakarítást eredményezhetnek.

Az elsődleges intézkedések közé a változó költségek tartoznak, amelyek az alkalmazás szintjétől és időbeli ütemezésétől függnének. Az intézkedések egy teljes csomagot alkotnak, és a csomag optimalizálása határozza meg a költségeket és az eredményeket. Például az alacsony klorid-tartalmú vagy a természetes szóda valószínűleg nem viszi le a másodlagos csökkentéssel összevethető szintre a kibocsátást, és egyéb tényezőktől függően a költségek esetleg nincsenek arányban az előnyökkel. Mindazonáltal, ez csak egyik szempontja az intézkedés csomagnak, a költségeket és ezek eredményeit teljes egészükben kell végiggondolni.

Alkalmazási hajtóerő

A por kibocsátás csökkentését célzó elsődleges intézkedések életbe léptetése olyan gazdasági és üzemelési előnyökre támaszkodnak gyakran, amelyek a kiválasztott technika alkalmazásából származnak, ilyen például a regenerátorok eltömődésének, valamint az anyagok korróziójának vagy károsodásának elkerülése, az elpárolgás csökkentése, és ennek következtében az értékes nyersanyagok veszteségének csökkentése stb.

Minta gyárak

A jelen pontban leírt több elsődleges technika alkalmazása megszokott az üvegiparban.

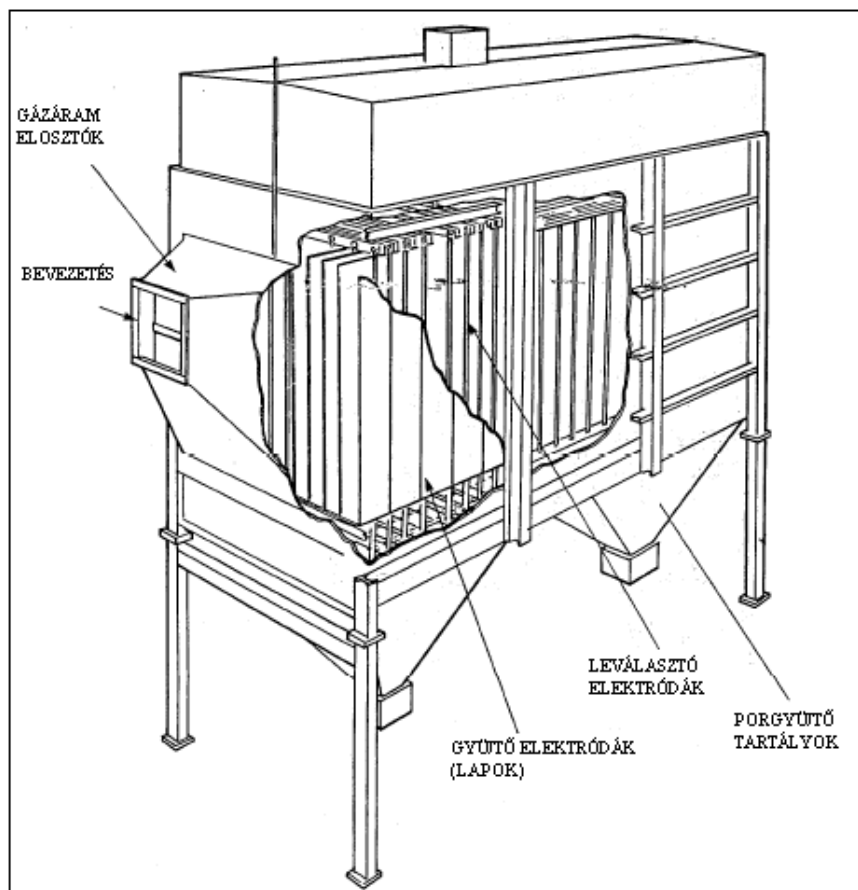
Referencia irodalom

[tm18 CPIV, tm30 Dust] [19, CPIV 1998] [31, CPIV 1998] [103, Beerkens Fining glass. Boron 2008]

3.4.1.2 Elektrosztatikus porleválasztók

Leírás

Az elektrosztatikus porleválasztó (ESP) széles üzemelési hőmérséklet, nyomás és részecske terhelési feltételek között képes üzemelni. Érzéketlen a részecske méretére, és úgy nedves, mint száraz feltételek között képes a részecskék összegyűjtésére. Az ESP nagyfeszültségű feltöltő elektróda sorozatból és a hozzájuk tartozó gyűjtő elektródákból áll. A részecskék feltöltődnek majd ezt követően leválnak a gázáramból a két elektróda között létrejött elektromos erőter hatásának köszönhetően. Az elektromos erőteret az elektródák közötti kis egyenáram és nagy feszültség (80 kV-ig) hozza létre. Gyakorlatban az ESP különálló zónákra (5-ig, a használatos) van felosztva, amint az a 3.1 Ábrán látható.



3.1 Ábra: Elektrosztatikus porleválasztó

A részecskék eltávolítása a gázáramból négy lépésben történik:

- a részecskék elektromos feltöltése
- a részecskék mozgása az elektromos erőterben
- a részecskék leválása a gyűjtő elektródon; és
- a részecskék eltávolítása az elektróda felületéről

A leválasztó elektródát az anyag feltapadás elkerülése érdekében rázni vagy vibrálni kell, és a rázás vagy a vibrálás igénybevételének kell megfelelnie a mechanikai szilárdságának. A leválasztó elektróda és a tartószerkezet mechanikai megbízhatósága fontos, mivel egyetlen vezeték elszakadása a porleválasztó teljes elektromos erőterében rövidzárlatot okozhat. A nedves leválasztókban a leválasztott anyagot megfelelő folyadék, többnyire víz, befecskendezésével távolítják el a gyűjtő tányérokra, vagy szakaszos, vagy folyamatos bepermetezéssel.

Az ESP teljesítménye a Deutsch-Anderson egyenlettel írható le, ami a por leválasztás hatékonyságával kapcsolatos, és ez a gyűjtő elektródák teljes felületétől, az átáramló gázok mennyiségétől és a részecskék mozgási sebességétől függ. Egy adott anyagnál a paraméterek közül, a maximális gyűjtő elektróda felület és az elektromos erőterben mozgó részecske tartózkodási ideje a két legfontosabb. Továbbá, minél nagyobb a távolság a gyűjtő elektródák között, annál nagyobb az alkalmazandó feszültség. A távolság a beszállító általi kialakítástól függ.

Azért, hogy az alkalmazott feszültséget a belépő és a kilépő zónákban változtatni lehessen, egy jó áram leválasztó az ESP mindenegyik zónájának lehetővé teszi, vagy egy zónájának egy

részére, a különálló leválasztó részek használatát. Ezáltal bemeneti és kimeneti zónák alkalmazott feszültsége azért változtatható, hogy az előre haladó csökkenő részecske terhelést figyelembe lehessen venni, és növekvő feszültséggel üzemelő zónák lehetségesek legyenek. A jó kialakításra az automatikus szabályozó rendszerek hatással vannak, amelyek biztosítják, hogy az optimális magas feszültség (HT) kerüljön az elektródákra. Egy fix magas feszültség valószínűleg nem adna optimális leválasztási hatékonyságot.

A részecske anyag elektromos ellenállása (a vezetőképesség fordítottja) rendkívül fontos. Ha ez túl kicsi, akkor a gyűjtő elektródán kiváló részecske könnyedén elveszti a töltését és visszajuthat a gázáramba. Ha túl nagy, akkor az elektródán egy szigetelő réteg keletkezik, megakadályozva a normál korona kisülést, és ami csökkent leválasztási hatékonysághoz vezet. Az üvegiparban számba vehető részecskék legtöbbje a megfelelő ellenállási tartományon belül van. Mindazonáltal, ha szükséges, a leválasztást növelni lehet a részecske kezelésével, pl. ammónia és kén-trioxid használható, de ez általában nem szükséges az üvegiparban. Az ellenállás a gáz hőmérséklet csökkentésével vagy a gáz nedvesítésével is csökkenthető.

Elért környezetvédelmi előnyök

Az ESP-k a 0.1–10 µm közötti tartományban a port rendkívül hatékonyan választják le, és a teljes leválasztás hatékonysága 95–99%-os (a belépő koncentrációtól és az ESP méretétől függően). Az aktuális teljesítmény főleg a füstgáz jellemzőitől és az ESP kialakításától és korától függően változik, de az 5 és 10 mg/Nm³ közötti kibocsátási koncentráció tartományt el lehet érni. A meglévő ESP-k jelentős teljesítmény javulásának lehetőségei korlátozottak lehetnek, a szerkezetből (hely korlátok) és az üzemeltetési korlátokból (az ESP-ben lévő gázsebesség) adódóan és ilyen esetekben az elért teljesítmény 20-30 mg/Nm³ közötti tartományba esik, noha a legtöbb esetben, a kb. 15 mg/Nm³ kibocsátási koncentrációnak is lehetségesnek kellene lennie. Bár fontos tényező, hogy a teljesítmény nem kizárólag az alkalmazott elektromos erők számától függ. Az egy berendezésben lévő két lépcsős ESP ugyanolyan hatékony lehet, mint egy másikban a három lépcsős ESP egy másik alkalmazásnál, és a szükséges teljesítményszint függvénye ennek a kiválasztása.

Fontos tényező az ESP teljesítményére nézve, egy száraz mosó elhelyezése a szűrő elé. Az elérendő SO_x kibocsátási szinttől függően, a rendszerbe adagolt alkáli mennyisége nagyon nagy lehet. A füstgázban lévő por koncentrációja az eredeti érték tízszeresére is felmehet. Ebben az esetben, a por fő forrását a száraz mosó jelenti. Következésképpen, a szűrő teljesítményét a rendszerhez beadagolt alkáli reagens mennyisége befolyásolhatja.

Az ESP-k teljesítményére vonatkozó specifikációk például, a füstgázban lévő nehéz fémek jelenléte, amelyek az elérendő csökkentés magasabb szintjét igényelhetik. Egy nagy teljesítményű szűrő jelentősen csökkentheti a fém kibocsátásokat, beleértve a bór is. Mindazonáltal, a bór vegyületeket tartalmazó füstgázokból származó port összegyűjtő ESP-k hatékonysága a szűrő elhelyezkedésétől függően jelentősen változhat, és attól, hogy a bórsav a szűrő előtt vagy után kondenzálódik-e vagy sem.

Környezeti elemek keresztthatások

Az elektrosztatikus porleválasztó alkalmazása az energia felhasználásban növekedést okoz, de ez a kemence energia felhasználásához mérve viszonylag kicsi, kevesebb, mint 1% (ami az energia költségek 1-től 3%-nak felel meg). Az elektromos energia előállítása környezeti hatással jár, ami az elektromos áram forrásától függ. Az elektromos áram használatával kapcsolatos közvetett kibocsátásokat a 8–17 kg CO₂/ t olvadt üveg, 0.02–0.04 kg NO_x/ t olvadt üveg és 0.06–0.14 kg SO_x/t olvadt üveg értékekre becsülik, a létesítmény kapacitásától függően.

További közvetett kibocsátások kapcsolatosak a mosó folyamathoz használt alkáli reagensek gyártásánál. Az üvegiparban sok alkalmazásnál, a por leválasztása előtt a savas gázokat el kell távolítani. Ez általában, száraz vagy félszáraz mosóval érhető el, amely tízszer nagyobb szilárd anyag áramot hoz létre, mint maga a csökkentendő por. Ha ezt a kemencében újra fel lehet használni, akkor ez az alapanyag felhasználásban végül csökkenést fog okozni; ha nem, akkor olyan hulladék keletkezik, amelyet még lerakóba el is kell helyezni.

Gyakorlatban, a legtöbb esetben a leválasztott port újból fel lehet használni, és a megkötő anyag kiválasztásától függően, részben más alapanyag helyettesítésére lehet használni, főként nátrium-szulfátra (és ahol megfelelő, ott fluoridra és ólom tartalmú anyagokra). A csomagoló üveg szektorban probléma merülhet fel, ahol a szulfát igény a redukáló üveg és a nagy cserép arány miatt kicsi lehet, mert a kén oldhatóság viszonylag alacsony.

Ez a por újrahasznosítását korlátozhatja, különösen, ha nagy kéntartalmú tüzelőolajat használnak, és a leválasztott por egy részét a telephelyen kívül kellene elhelyezni. További probléma adódhat, ha sok kemence van, amelyek különböző típusú és/vagy színű üveget gyártanak, amelyekre egyetlen egy elektrosztatikus porleválasztó van csatlakoztatva. Néhány szektorban, a leválasztott por újra felhasználását korlátozhatja a termék minősége és az üveg kémiai összetétele, pl. ahol rendkívül magas optikai minőség van megkövetelve.

További korlátok lehetnek a leválasztott por újrahasznosítására, ha száraz keverék előmelegítést alkalmaznak, mivel finom por képződik, amely komoly kiporzást okozhat és a regenerátorokat eltömítheti. A magas NaCl tartalmú leválasztott por újrahasznosítása, amely szokásosan a füstgáz nátrium alapú abszorpciós szerrel történő kezeléséből ered, a hőmérséklettől és a rács összetételétől függően, az égőkamra és/vagy a regenerátorok tűzállóanyagának károsodását okozhatja.

Az újra nem hasznosítható por lerakásának költségeit (beleértve a maradék osztályozási költségeit is) és az alacsonyabb kén tartalmú tüzelőolaj költségeit (pl. alacsony kén tartalmú tüzelőolaj vagy földgáz) az összes körülménnyel (főleg a csomagoló üvegnél) kell összehasonlítani azért, hogy kiértékeljük vajon a tüzelőanyag lecserélése-e a kedvezőbb egy gyártó számára, vagy inkább egy szilárd hulladék folyamatos elhelyezése. Gyakran savas gázok mosásának fő céljai közül egy az az, hogy a korrózió elkerülése miatt a gáz az ESP-re kondicionálva legyen, ami alacsonyabb teljes savas gáz kibocsátást eredményez. Ha a szűrőport újrahasznosítják, a savas gázok egy része újból felszabadul. Mindazonáltal, a kén bevitel és kivitel között egy dinamikus egyensúly fog kialakulni.

Az üvegiparban, a kibocsátott részecske anyag többsége reaktív elpárolgással képződik. Ezért fontos azt biztosítani, hogy a gáz hőmérséklete a részecske képződés hőmérséklete alatt legyen, amely a jelenlévő anyagfajtától függ. A mész-nátron szilikátüvegek gyártásakor képződő por legnagyobb része a nátrium-szulfát amely kb. 800 °C nál képződik; míg a boroszilikát üvegeknél a bóranyagok teljes kondenzációja jóval 200 °C alatt megtörténhet.

A regeneratív kamráknál, a füstgáz hőmérséklete általában 400 °C körüli és így nem szükséges a hűtés azért, hogy mind az illó anyagok lekondenzálódjanak, mind az ESP üzemeltetési hőmérsékletét elérjük. A rekuperatív kemencéknél, a füstgáz hőmérséklete többnyire 800 °C körül van, és így hűtés szükséges, hogy egyrészt az illó anyagok lekondenzálódjanak, másrészt az ESP üzemeltetési hőmérsékletét elérjük. Amint fentebb említve lett, a bór tartalmú üvegeknél (pl. üveggyapot, folyamatos üvegrost), a tisztítás előtt a gáz hőmérsékletét szükséges lehet 200 °C alá csökkenteni, biztosítva azt, hogy a kondenzációval és a korrózióval kapcsolatos kockázatokat minimalizálják a rendszerben. Az

oxy-tüzelőanyag kemencék füstgázának hőmérséklete többnyire $>1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, és lényeges hűtés szükséges.

Az elektrosztatikus porleválasztók fő előnyei és hátrányai a 3.6 Táblázatban vannak bemutatva.

Előnyök

- nagy por leválasztási hatékonyság
- a leválasztott por általában olyan formában van, ami az újra felhasználást lehetővé teszi
- relatív alacsony nyomásesés a zsákos szűrőkhöz viszonyítva, és így viszonylag alacsony üzemeltetési költségek
- integrált gázkezelési rendszer részét képezheti, pl. mosóval és SCR-el
- az ESP-t nem könnyű nagy terheléssel vagy nedvesség tartalommal eltömíteni, ami probléma lehet a szövetszűrőknél
- általában több üzemeltetési tapasztalat van nagy hőmérsékletekre, mint a zsákos szűrőknél (mivel nem csak az üvegiparban használatosak)
- kialakítható úgy, hogy a későbbiekben további részekkel bővíthető

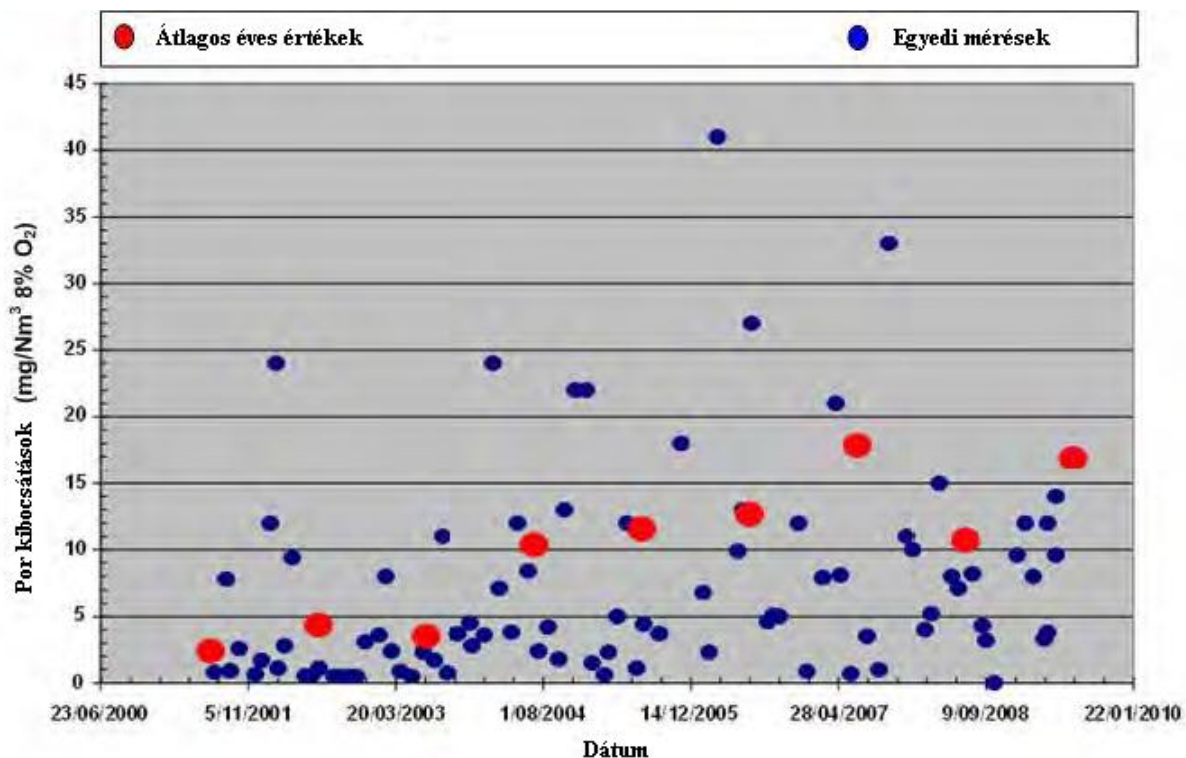
Hátrányok:

- energiát fogyaszt. Bár a kemence energiájához viszonyítva keveset ($<1\%$), a költségek ettől jelentősebbek, mert ez elektromos energia. Az elektromos áram alkalmazásával kapcsolatos közvetett kibocsátások (erőműből származó CO_2 és más kibocsátások)
- a folyamatosan leválasztott szilárd hulladék nem minden esetben hasznosítható újra
- sok esetben szükséges a savas gáz mosása és így abszorbens beszerzése. Az alkáli reagensek (anyag gyártási ciklus) alkalmazásával kapcsolatos közvetett kibocsátások.
- az ESP-k nagyobb beruházási költségeket igényelhetnek, mint néhány más rendszer
- kritikus, ha a gyári üzemeltetés betartása nem a tervezési feltételeknek megfelelően történik, a teljesítmény jelentősen visszaeshet
- a nagy feszültségű berendezés miatt ügyelni kell a biztonsági előírásokra
- az ESP-k nagyok lehetnek és a helyigényt figyelembe kell venni.

3.6 Táblázat: Az elektrosztatikus porleválasztók fő előnyei és hátrányai

Üzemeltetési adatok

Egy kibocsátás szabályozási rendszert elhagyó tisztagáz átlagos por koncentrációja általában alacsony. A legtöbb alkalmazásban, a modern, jól kialakított, két vagy három lépcsős ESP-től kisebb, mint 10 mg/Nm^3 vagy 0.03 kg por/t olvadt üveg érték várható el. Mindazonáltal az idő és az üzemeltetési feltételek során, a por csökkentés hatékonysága változhat. Példaként, a 3.2 Ábra porkibocsátások egyedi mérései eredményeinek változását mutatja be, amelyet havonta végeztek egy ESP-vel ellátott, Ca(OH)_2 anyagot használó száraz mosóval üzemelő olajtüzelésű float kemencén. A példában, az átlag éves értékek (piros pontok) gyakran 10 mg/Nm^3 alatt vannak, míg az egyedi mérések (kék pontok) egészen 10 mg/Nm^3 fölé is fel tudtak menni. Ezek a változások a szűrő működéséből adódnak, de a belépő gáz jellemzőinek (hőmérséklet, poösszetétel, stb.) változásaitól is függenek, amelyek a folyamat változásainak (pl. kihozatal és üvegtípus változás) köszönhetők. Ez a lemez tisztítási művelet alatti eset, amikor a por koncentráció egy átmeneti nagyobb növekedést mutathat. Sok berendezésnél, az ESP-k e szint alatt is képesek teljesíteni egyrészt a kedvező feltételeknek, másrészt a nagy hatékonyságú kialakításnak köszönhetően. Számos berendezésnél mértek 5 mg/Nm^3 -nél kisebb kibocsátási értéket, noha ezt a teljesítmény szintet garantálni több költséget venne általában igénybe, mint amit ebben a pontban megadtunk, hacsak nincsenek kedvező feltételek. Megjegyzendő, hogy regeneratív kemencéknél, váltakozó tüzelésű ciklusidőkkel, a reprezentatív adatok a két vagy ennek többszöröse tüzelési ciklus alatt produkált kibocsátások átlagának kellene lennie.



3.2 Ábra: Porkibocsátások eredményei (havi egyedi mérések) egy ESP-vel ellátott, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ anyagot használó száraz mosóval üzemelő olajtüzelésű float kemencén

Az ESP alkalmazása szokásos, főleg nagy gyártási kapacitású létesítménynél (nagy füstgáz térfogat) és/vagy egynél több kemencénél.

A dokumentum megírásának időpontjában (2010), sok nagy kemence/létesítmény volt felszerelve folyamatos részecske vagy opálosság felügyelettel.

Ahhoz, hogy egy ESP-ből a legjobb teljesítményt kihozzuk alapvető, hogy az egységen átáramló gáz egységes legyen, és ne kerülje ki a gáz az elektromos erőtereket. A bevezető csatorna helyes kialakítása és a belépő szájnyílás gázáram elosztó berendezés használata egységes gázáramot kell eredményezzen a porleválasztó bemeneténél. Általában, az üzemeltetési hőmérsékletet $430\text{ }^{\circ}\text{C}$ alatt kell tartani. Az ESP teljesítménye a tervezett üzemeltetése alatt csökkenni fog. Az elektródák eltörhetnek, elmozdulhatnak a tengelyüktől vagy lehámlás történhet, és rendszeres teljes felújítás szükséges főleg öreg berendezéseknél.

Azoknál az alkalmazásoknál, ahol a gázáramnak jelentős a savas gáz koncentrációja (főleg SO_x , HCl és HF), ott az ESP előtt valamiféle savas gázmosó alkalmazását általában szükségesnek tekintik. Ez többnyire méshidrátot, szódát vagy szódabikarbónát használó száraz vagy félszáraz mosóból áll. Ezek a technikák a 3.4.3.3 pontban vannak megtárgyalva. A cserépből, az alapanyagból és a tüzeléshez használt tüzelőolaj kéntartalmából származó savas gázok, és a savas gáz eltávolítása nélkül, komoly korróziós problémákat tudnak okozni az ESP-ben. Néhány, börtartalmú üvegnél az alkáli szintén segít leválasztani az illó bór vegyületeket. Ha a füstgázokban nincs nagy savas gáz szint (vagyis gáztüzelés és alacsony kéntartalmú alapanyagok), előkezelésre nem lehet szükség, pl. a legtöbb üveggyapot eljárásnál.

A síküveg és a csomagoló üveg szektorokban, egy ESP savas gázmosó rendszerrel kombinálva a $10\text{--}20\text{ mg/Nm}^3$ tartományban van. Ezek az értékek méshidrátos száraz mosónál adódnak, és egy viszonylag alacsony 25-33% közötti SO_x eltávolítási

hatékonyságnál, de van amikor jobb, 50-95%-os SO_x eltávolítási hatékonysággal üzemel, az alkáli reagens típusától, a mosó rendszer típusától, a füstgáz hőmérsékletétől és a bejuttatott reagens és a füstgázokban lévő SO_x + HCl + HF molarányától függően (lásd 3.4.3.3 pont). A szűrőrendszerben képződött por mennyisége a savas gázok elvárt eltávolítási hatékonyságától függően jelentősen változhat. Következésképpen, egy szilárd hulladék áramot szükséges kezelni vagy az üvegkeverékben történő újrahasznosítással, vagy lerakóba való elhelyezéssel (lásd 3.4.3.3 és 3.7 pontokat).

Az elektrosztatikus porleválasztók alkalmazásával kapcsolatos porkibocsátási szintekre néhány példa a 3.7 Táblázatban van.

Gyártás	Tüzelőanyag / olvasztási technika	Teljes termelés	ESP jellemzők	Porkibocsátási AEL-ek ^{(1) (2)}	
		t/nap		mg/Nm ³ , száraz gáz 8% O ₂ -nél	kg/t üveg
Csomagoló üveg					
Mész-nátron zöld/fehér	Földgáz	470	1 erőtér-száraz mosó Ca(OH) ₂ -vel	17 ⁽³⁾	0.027
Mész-nátron	Földgáz	640	5 erőtér -száraz mosó Ca(OH) ₂ -vel	7.6	0.016
Fehér üveg	Földgáz	275	3 erőtér -nincs mosó rendszer	23.8	0.037
Barna	Tüzelőolaj + földgáz	297	2 erőtér -száraz mosó Ca(OH) ₂ -vel	1.2	0.0019
Fehér/barna	Tüzelőolaj	547	2 erőtér -száraz mosó Ca(OH) ₂ -vel	18	0.027
Smaragd zöld/UV zöld	Földgáz	367	2 erőtér -száraz mosó Ca(OH) ₂ -vel	27	0.040
Síküveg					
Fehér/színezett	Tüzelőolaj	259	2 erőtér -száraz mosó NaHCO ₃ -al	3.0	0.0048
Fehér	Tüzelőolaj + földgáz	700	4 erőtér -száraz mosó Ca(OH) ₂ -vel	1.5	0.0031
Fehér	Földgáz	600	3 erőtér -száraz mosó Ca(OH) ₂ -vel	30	0.084
Háztartási üveg					
Nem specifikált	Tüzelőolaj	110	Nem specifikált	16.5	0.034
Speciális üveg					
Nem specifikált	Tüzelőolaj + földgáz	170	2 erőtér -száraz mosó Ca(OH) ₂ -vel	20	0.127
1. A kibocsátási szintek a szakaszos mérések (30-60 perc) átlag értékeit jelentik. 2. Alacsony koncentráció értékekre a mérési módszer bizonytalansága hasonló nagyságrendű, mint a mért értéké. 3. A szakaszos mérések havi átlag értéke.					

3.7 Táblázat: Minta létesítmények az ESP alkalmazásokkal kapcsolatos porkibocsátási szintekre

[75, Germany-HVG Glass Industry report 2007] [84, Italy-Report 2007] [86, Austrian container glass plants 2007] [120, Portugal 2009]

Alkalmazhatóság

Elméletileg, ez a technika az összes üveg szektor minden új és meglévő létesítményénél alkalmazható. Meglévő berendezések esetében, további mezőkkel csak akkor lehet megnövelni, ha olvasztó kemence átépítés van, és ha a szükséges hely rendelkezésre áll. Hasonlóképpen, egy ESP telepítése általában kemence(ék) hideg javításakor vagy átépítésekor esedékes.

Az ESP rendszeres karbantartása amiatt fontos, hogy a rendszer magas teljesítménye biztosítva legyen.

Az ESP-k nem alkalmazhatók a közetgyapot kúpoló kemencéknél a szénmonoxiddal kapcsolatos robbanásveszély miatt.

Gazdasági vonatkozások

Az ESP költségeket érintő főbb tényezők:

- a füstgáz térfogata
- a szükséges hatékonyság
- az erőterek száma
- a füstgáz kondicionálása
- ha savas gáz mosása szükséges, a mosó és a mosóanyag hatékonysága (pl. mészhidrát, szóda) bikarbóna, szóda)
- üzemi jellemzők (rendelkezésre álló hely, elrendezés, telephely előkészítés igénye, stb.)
- az energia, az elektromosság, a víz és a munkaerő fajlagos költségei
- a por elhelyezés költségei (ha az újrahatszénítés nem lehetséges)

A kettőn felüli további mindenegybes elektromos erőter kb. 10–15%-al emeli a beruházási költségeket, de a Légszennyezés Szabályozó Rendszer (LSZR), beleértve a mosót és az üzemeltetési költségeket is, teljes növekménye csak 5% körül van.

Az ESP üzembe helyezésével kapcsolatos költségek egy meglévő gyártósor esetén valószínűleg nagyobbak, mint egy új gyárban különösen, mivel nincsenek helykorlátok, és ahol a szűrő elhelyezkedése a nagy távolság miatt további csővezetékeztést (gyakran szigetelve) igényel.

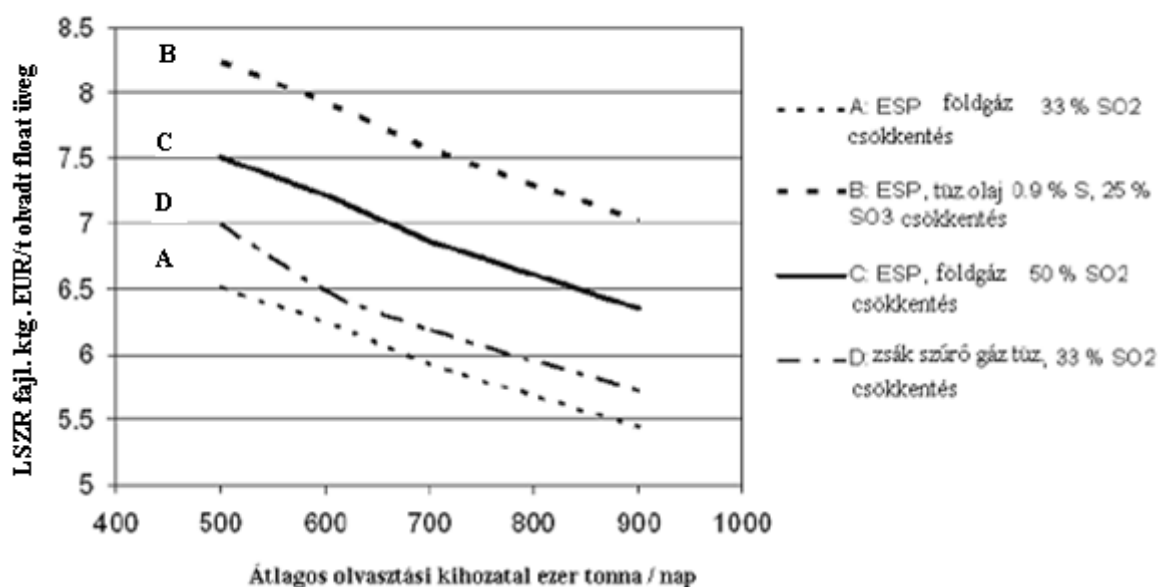
Elektromos kemencéknél és kisebb hagyományos kemencéknél (<200 t/nap), a magas beruházási költségek az üzemeltetőket arra sarkallhatják, hogy alternatív technikákat válasszanak, főként zsákos szűrőket.

A fajlagos költségek jelentősen magasabbak lehetnek a kisebb gyártósoroknál és az olajtüzelésű kemencéknél, bár ez az elérendő SO_x csökkentés mértékétől szintén függ. Példaként, a 3.3 Ábra a szűrés és a $Ca(OH)_2$ -vel való mosás fajlagos költségét mutatja be négy különböző float kemencére és olvasztási kihozatali arányra vonatkoztatva és feltételezve, hogy az összes eltávolított port el kell helyezni.

A költség becslés a következő elérhető kibocsátási szinteken alapul:

- a porkibocsátások 10–20 mg/Nm^3 értékre vannak becsülve, az ESP kialakításától és az üzemeltetéstől függően 5–10 mg/Nm^3 értékek is elérhetők (pl. az átmenetileg magasabb értékek az elektróda lemezen lévő lerakódási rétegek eltávolításával kapcsolatosak);
- csak 25–33%-os korlátozott SO_x kibocsátás csökkentés feltételezett, mint standard üzemeltetési feltétel, mészhidráttal száraz mosó rendszer használatával.

**Float kemencék szűrésének és $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -vel történő mosásának
fajlagos költségei, az összes szűrőpor elhelyezésével**



3.3 Ábra: Olvadt üveg tonnára vonatkoztatott fajlagos költségek az olvasztási kihozatal függvényében, ha a float kemencék légszennyezés szabályozása száraz mosóval és szűrővel történik

[94, Beerkens - APC Evaluation 2008]

A költség becslésre vonatkozó más adatok és feltételezések és a tanulmány fő eredményei a következők:

- a float üveg kemencék légszennyezés szabályozó rendszerének erre a típusára (ESP + száraz mosó) vonatkozó beruházási költségek 3.9-től 5.5 millió EUR-ig terjednek, az 500-tól 900 t olvadt üveg per nap nagyságú tartománynak megfelelően.
- ezen kemencék üzemeltetési költségei évi 375 000 EUR-tól 575 000 EUR-ig terjednek, ha a teljes szűrőport a keverékben újra lehet hasznosítani. Az éves üzemeltetési költségek majdnem 100%-al emelkedhetnek (685 000 EUR-tól 11 400 000 EUR-ig, ha az összes szűrőport kívül kell elhelyezni.
- A gáztüzelésű float kemencék gázáramában jelenlévő 800–1000 mg/Nm³ közötti (8% O₂, száraz) és az olajtüzelésű float kemencék 1800 és 2000 mg/Nm³ közötti SO₂ kezdeti koncentrációját feltételezve, a tipikus fajlagos költségek a 900 t/nap kemencére 3.90 EUR (költség per tonna olvadt üveg), míg 4.80 EUR feletti a kisebb, 450–500 t/nap kapacitásúakra feltételezve azt, hogy az összes leválasztott port újra fel lehet használni a keverék készítésnél. Ha a teljes kiszűrt port el kell helyezni, akkor a fajlagos költség per t olvadt üveg kb. 1.5-2 EUR-al magasabb. Ezekben a számításokban, az SO_x kibocsátás csökkentés csak kb. 30%-al van feltételezve; ha több mészhidrátot alkalmaznak az eltávolítás hatékonyságának a növelésére, az elhelyezés és az alkáli reagens költségei növekedni fognak. Az SO_x eltávolítás hatékonyságának növelése 35%-ról 50%-ra pótlólagos mészhidrát bevitellel, további 1 EUR/t olvadt üveg költségnövekedést okoz gáztüzelésű kemencék esetében feltételezve, hogy szűrés eredményeként jelentkező port nem lehet a keverékben újrahasznosítani, és 400 EUR/t a por elhelyezésének a költsége. Az olajtüzelésű kemencék esetén, az SO_x eltávolítás hatékonyságának növelése 35%-ról 50%-ra, egy további 2.5 EUR per t olvadt üveg költséggel kapcsolható.
- A két különböző helyzetre vonatkozó költségek per csökkentett kibocsátások egysége (por és SO_x) majdnem ugyanaz marad, 0.45-től 0.7 EUR/kg SO₂ értékig és 9-től 15 EUR/kg

eltávolított por értékig, a magasabb értékek azokra az esetekre vonatkoznak, ahol a teljes szűrőport el kell helyezni.

- a nagyobb mennyiségben alkalmazott abszorpciós szer használatával kapcsolatos további költségek kevésbé fontosak, amikor a szűrőport teljesen újra lehet hasznosítani; ebben az esetben az SO_x eltávolítás hatékonyságának módosítása 33%-ról 50%-ra, csak kb. 5%-os fajlagos költségnövekedést von maga után, ami 0.20–0.30 EUR per t olvadt üveg költségnek felel meg.

Az elektrosztatikus porleválasztóból és száraz mosóból álló, az üvegolvasztó kemencékhez kapcsolt légszennyezés szabályozási rendszerek alkalmazásával kapcsolatos költségek összefoglalását a 3.9 Táblázat mutatja be lentebb. A táblázatban lévő adatok úgy a 2007 előtt alkalmazott LSZR-re, mint a 2007 és 2008-ban üzembe helyezett rendszerekre is vonatkoznak.

Ez a táblázat (3.9) bemutatja a teljes beruházási költségeket (második oszlop), a beruházási költség per év értéket (értékcsökkenés és kamat), üzemeltetési költségek és fajlagos költségek három üvegszektor különböző kemencéire vonatkoztatva, ESP és mosó szűrőporának újrahasznosításával és a nélkül. Szintén bemutatásra kerülnek a füstgázból történő eltávolítási költségek per kg SO_2 , vagy per kg por. Ezen költségek sok tényezőtől függenek és ugyanarra az üveg típusra és olvadt üveg tonnára vonatkoztatva a mosás és szűrés költségei a különböző gázáram térfogatok, a mészhidrát pótlás és a berendezés túlméretezés (még a legnagyobb termelési szinten is képes az LSZR üzemelni) miatt különbözhetnek.

A teljes költségek egy részéről azt feltételezik, hogy por és a másik része, az SO_x kibocsátás eltávolításával kapcsolatos.

A megadott számok számos telephely specifikus tényezőtől függően, eltérhetnek a beruházási költségek esetén plusz vagy mínusz 15%-al, és az üzemeltetési költségek esetén 30%-al. Azon létesítményeknél, amelyeknél a savas gázok mosására nincs szükség, a beruházási költségek megközelítőleg 15–20%-al alacsonyabbak és az üzemelési költségek pedig 30–40%-al.

Az infrastruktúra költségek az ESP méretétől és az egyes létesítmények helyi körülményeitől függenek. Amint az fentebb meg lett említve, az ESP-k elég terjedelmesek lehetnek és egy meglévő gyártósornál alapvető közmű kiépítés is szükséges lehet, ha a hely korlátozott.

A jelenlegi költség adat példák a 3.8 Táblázatban vannak közzé téve, különböző üvegtípusokra (csomagoló, sík, speciális és ásványgyapot) különböző üzemeltetési feltételek mellett.

	Síküveg ⁽¹⁾	Síküveg ⁽²⁾	Csomagoló üveg ⁽³⁾	Speciális üveg ⁽⁴⁾	Üveggyapot ⁽⁵⁾
Kemence típus	Kereszttüzelésű, regeneratív	Float, Kereszttüzelésű	Kereszttüzelésű, regeneratív	Kereszttüzelésű, regeneratív	Oxy-tüzelő-anyag tüzelésű
Tüzelőanyag	Tüzelőolaj	Földgáz/könnyű tüzelőolaj	Földgáz	Földgáz/könnyű tüzelőolaj	Földgáz
Kemence kapacitás	350 t/nap	800 t/nap	350 t/nap	220 t/nap	206 t/nap
Jelenlegi kihozatal	259 t/nap	700 t/nap	275 t/nap	170 t/nap	170 t/nap
Elektromos pótfűtés	igen	igen	igen	igen	igen
Üveg típus	Fehér, extra fehér, bronz, sárga	Fehér	Fehér	Nem specifikált	C-üveg
Cserép	30%	35%	60%	25%	66%
Fajlagos energia felhasználás	5.71 GJ/t üveg	5.20 GJ/t üveg	3.78 GJ/t üveg	16.44 GJ/t üveg	3.55 GJ/t üveg
ESP erőterek	2	4	3	2	2
Hőmérséklet szűrő előtt	300 °C	300 °C	200 °C	350 °C	Nem elérhető
Megkötőanyag típus	NaHCO ₃	Ca(OH) ₂	Nincs	Ca(OH) ₂	Nincs
Megkötőanyag mennyiség	55-80 kg/óra ⁽⁶⁾	15 kg/óra	-	22 kg/óra	-
Szűrőpor újrahasznosítás a keverékben	100%	100%	100%	0%	100%
ESP energia felhasználás, ventilátorral együtt	125 kWh/óra	320 kWh/óra	194 kWh/óra	250 kWh/óra	Nem elérhető
Szerviz időszak	Éves	Éves	Igény szerint	Nem specifikált	Nem specifikált
Beruházási költségek ⁽⁷⁾	2.2 millió EUR	2.5 millió EUR	1.5 millió EUR	2.8 millió EUR	0.91 millió EUR ⁽⁸⁾
Amortizáció hossza ⁽⁷⁾	10 év	10 év	10 év	10 év	8 év
Üzemeltetési költségek ⁽⁷⁾	205 000 EUR/év	238 000 EUR/év	120 000 EUR/év	275 000 EUR/év	60 000 EUR/év
Éves amortizációs költségek ⁽⁷⁾	292 600 EUR/év	331 500 EUR/év	199 500 EUR/év	372 400 EUR/év	158 750 EUR/év
Teljes éves költségek ⁽⁷⁾	497 600 EUR/év	569 500 EUR/év	319 500 EUR/év	647 400 EUR/év	218 750 EUR/év
Becsült költségek/t üveg ⁽⁷⁾	5.26 EUR/t üveg	2.23 EUR/t üveg	3.18 EUR/t üveg	10.4 EUR/t üveg	3.01 EUR/t üveg
Kapcsolódó kibocsátási szintek (AEL-ek)	Félórás átlag értékek	Félórás átlag értékek	Félórás átlag értékek	Félórás átlag értékek	Mért adatok nem érhetőek el
mg/Nm ³ , száraz gáz 8% O ₂	Por: 3.0 SO _x : 1150 HCl: 7.0 HF: 3.7	Por: 1.5 SO _x : 1327 HCl: 25 HF: 0.5	Por: 23.8 SO _x : 386 HCl: 4.8 HF: 3.0	Por: 20 SO _x : elhanyagolható HCl: 9 HF: 4	Por: <5 SO _x : elhanyagolható HCl: <1 HF: <1
kg/t üveg	Por: 0.0048 SO _x : 2.78 HCl: 0.017 HF: 0.09	Por: 0.0031 SO _x : 2.72 HCl: 0.051 HF: 0.001	Por: 0.037 SO _x : 0.60 HCl: 0.0075 HF: 0.005	Por: 0.127 SO _x : elhanyagolható HCl: 0.057 HF: 0.015	Por: 0.01 SO _x : elhanyagolható HCl: <0.0015 HF: <0.0015

1. Az ESP előtt és után a létesítmény hőhasznosító rendszerrel ellátva.
2. A létesítmény hőhasznosító rendszerrel ellátva.
3. A létesítmény keverék előmelegítővel ellátva.
4. A létesítmény NO_x csökkentő SCR technikával ellátva.
5. A költség adatok meglévő rendszerre vonatkoznak. A kibocsátási adatok elvárt szinteket jelölnek.
6. A megkötőanyag mennyisége a gyártott üveg típusától függ.
7. A költség adatok nem reprezentálják a jelenlegi költségeket.
8. Jelenlegi adatok 150-250 t/nap kemence kapacitásra vonatkoznak.

3.8 Táblázat: Sík-, csomagoló, speciális üveg és ásványgyapot gyártásnál használt elektrosztatikus porleválasztó jelenlegi költségeinek példái [75, Germany-HVG Glass Industry report 2007]

LSZR módszerek és alkalmazások ^{(1) (2)}	Beruházás EUR	Beruházás/év EUR/évr	Üzemeltetés/év EUR/év	Fajlagos ktg-ek EUR/olvadt t	Δ por t/év	Δ SO _x t/év	Fajlagos ktg-ek EUR/kg SO ₂	Fajlagos ktg-ek EUR/kg por
ESP plusz száraz mosó Ca(OH)₂-al								
Float üveg kemencék 500 t/nap szűrőpor újrahasznosítással	3904240	500000	376000	4.8	-78	-153	0.51	10.2
Float üveg kemencék 700 t/nap szűrőpor újrahasznosítással	4700000	603200	488000	4.27	-104	-203	0.48	9.55
Float üveg kemencék 900 t/nap szűrőpor újrahasznosítással	5460000	700700	575000	3.88	-130	-254	0.45	8.93
Float üveg kemencék 500 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés	3904240	500000	688000	6.51	-78	-153	0.69	13.87
Float üveg kemencék 700 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés	4700000	603200	896000	5.87	-104	-203	0.66	13.12
Float üveg kemencék 900 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés	5460000	700700	1080000	5.44	-130	-254	0.63	12.5
Float üveg kemencék 700 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés 1.5x több abszorbens	4700000	603200	1146000	6.81	-104	-308	0.73	14.56
Csomagoló üveg 300 t/nap szűrőpor újrahasznosítással (olaj)	2380000	310000	185000	4.52	-25.6	-86.7	0.84	16.5
Csomagoló üveg 450 t/nap szűrőpor újrahasznosítással (gáz)	3170000	415000	237000	3.96	-38	-59	0.8	15.43
Csomagoló üveg 600 t/nap szűrőpor újrahasznosítással (olaj)	3400000	443250	341000	3.58	-60	-170	0.58	11.4
Csomagoló üveg 133 t/nap szűrőpor újrahasznosítással (olaj) 2007 üzembe helyezés	3065000	404000	166000	11.74	-25	-77	0.99	19.9
Csomagoló üveg 435 t/nap szűrőpor újrahasznosítással (gáz) 2007 üzembe helyezés	3850000	506000	317000	5.2	-71	-98	0.54	10.75
Csomagoló üveg 740 t/nap szűrőpor újrahasznosítással (gáz) 2007 üzembe helyezés	4850000	632600	440000	3.96	-98	-135	0.51	10.24
Csomagoló üveg 200 t/nap Teljes szűrőpor elhelyezés	2200000	288000	201000	6.7	-18.7	-40	1.19	23.8
Csomagoló üveg 300 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés (olaj)	2380000	311400	379000	6.31	-30.8	-86.7	0.98	19.63
Csomagoló üveg 450 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés	3170000	415000	370000	4.77	-38	-59	0.95	19.1
Csomagoló üveg 600 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés (olaj)	3400000	443250	673000	5.1	-60	-170	0.81	16.24
Csomagoló üveg 560 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés (gáz) 2007 - 2008 üzembe helyezés	4650000	605500	580000	5.8	-59	-103	0.93	18.3
Csomagoló üveg 560 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés (olaj) 2007 - 2008 üzembe helyezés	4650000	605500	897000	7.36	-67	-233	0.95	19.1
Csomagoló üveg 133 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés (olaj) 2007 - 2008 üzembe helyezés	3065000	403000	322000	14.96	-27	-76	1.16	23.3

LSZR módszerek és alkalmazások ^{(1) (2)}	Beruházás EUR	Beruházás/év EUR/évr	Üzemeltetés/év EUR/év	Fajlagos ktg-ek EUR/olvadt t	Δ por t/év	Δ SO _x t/év	Fajlagos ktg-ek EUR/kg SO ₂	Fajlagos ktg-ek EUR/kg por
Csomagoló üveg 435 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés (gáz) 2007 - 2008 üzembe helyezés	3850000	505000	534500	6.55	-71	-98	0.68	13.7
Csomagoló üveg 740 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés (gáz) 2007 - 2008 üzembe helyezés	4850000	632600	743000	5.1	-98	-135	0.66	13.2
Csomagoló üveg 1275 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés (gáz) 2007 - 2008 üzembe helyezés	7000000	933500	1194000	4.57	-178	-245	0.56	11.2
Háztartási üveg kemence 35 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés	1190000	156500	57000	16.7	-4.63	-4.8	2.2	43.9
Háztartási üveg kemence 35 t/nap teljes szűrőpor újrahasznosítással	1119000	156000	43500	15.65	-4.63	-4.8	2.05	41.1
Háztartási üveg kemence 180 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés	1960000	256000	247000	7.66	-22.7	-56.2	0.99	19.73
ESP plusz száraz mosó NaHCO₃-al								
Float üveg kemence 700 t/nap, gáztüzelés teljes szűrőpor elhelyezés, szódabikarbóna, gáz	4719500	605920	1370000	7.75	-104	-414	0.79	15.9
Float üveg kemence 700 t/nap teljes szűrőpor újrahasznosítással, szódabikarbóna, gáztüzelés	4719500	605920	515000	4.39	-104	-414	0.49	9.81
Csomagoló üveg 300 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés, szódabikarbóna, olaj, 67 % SO ₂ abszorbens	2400000	312800	600000	8.33	-30.8	-232	1.07	21.5
Csomagoló üveg 300 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés, szódabikarbóna, olaj, 50 % SO ₂ abszorpció	2400000	312800	491000	7.38	-30.8	-173	1.02	20.36
1. t/nap = tonna per nap 2. A számításhoz használt kibocsátási adatok a következők: - por: 10 és 20 mg/Nm³ közötti jellemző értékek. Optimalizált értékek 5 és 10 mg/Nm³ között vannak - SO₂: jellemző eltávolítási hatékonyság Ca(OH)₂-al 25 és 33% között van.								

3.9 Táblázat: LSZR rendszerek becsült költségei elektrosztatikus porleválasztókra és száraz mosóra, amelyeket üveg olvasztó kemencék füstgázaira használnak
[94, Beerkens - APC Evaluation 2008]

Alkalmazási hajtóerő

A jogszabályi kibocsátási határértékek teljesítése a legfontosabb alkalmazási hajtóerő.

A fém kibocsátások és/vagy gázkibocsátások (SO_x , HF, HCl, stb.) csökkentésének követelménye a porcsökkentő üzembe helyezés alkalmazási hajtóerejének további tényezője, amely gyakran egy szilárd reagens használatát és nagy részecske kibocsátásokat von maga után.

Minta gyárak

Az üvegiparban sikeresen alkalmazott ESP-kre sok példa van, pl. Németországban több, mint 90 kemence és Olaszországban több, mint 40 van ellátva ESP-kkel és savas gázmosóval kombinálva, és más európai országok üvegiparában is. Az ESP-k a leggyakrabban használt szűrők. Ez a technika kedvelt az iparágban, főleg a nagy volumenű gyártósortornál.

2007-ben, az összes float kemence több, mint 60%-a volt elektrosztatikus porleválasztóval ellátva. 2005 óta, a meglévő float üveg gyártósortornak a kemence hideg javítása alatt porcsökkentő rendszerekkel látták el.

Referencia irodalom

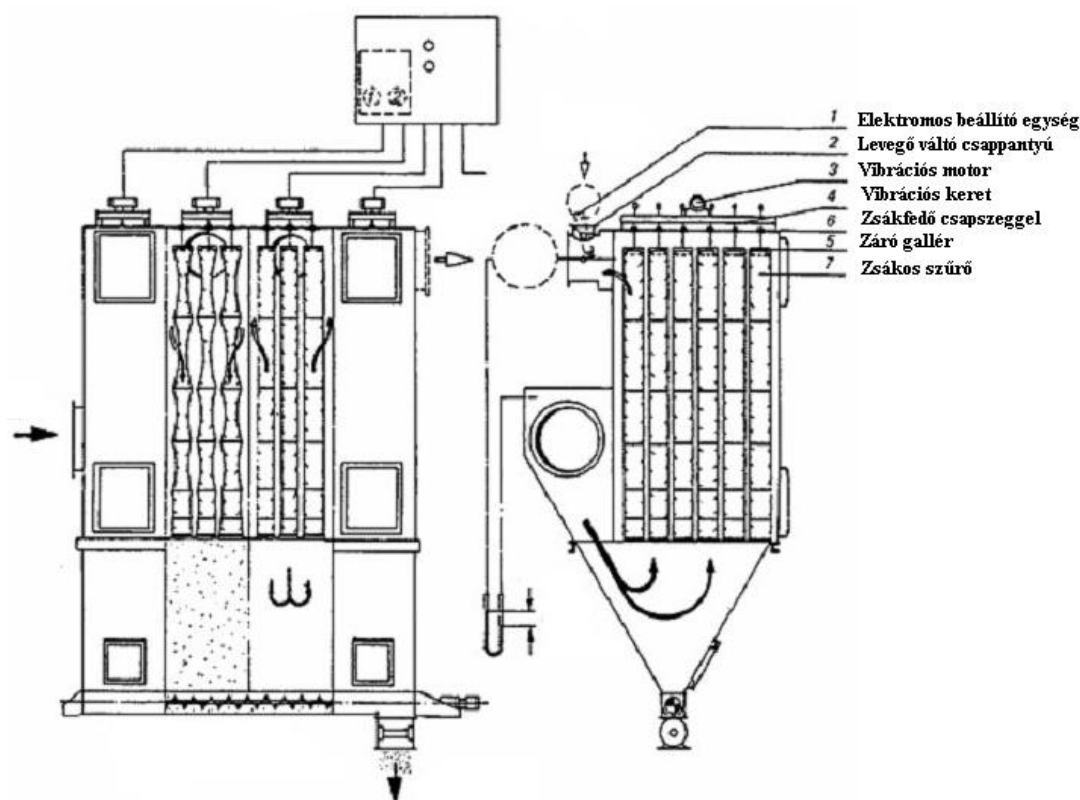
[tm32 Beerkens][33, Beerkens 1999] [64, FEVE 2007] [94, Beerkens - APC Evaluation 2008] [75, Germany-HVG Glass Industry report 2007]

3.4.1.3 Zsákos szűrők

Leírás

Az üvegiparban, a szövet szűrőket nagyon sok helyen használják, mivel a finom részecske anyagok felügyeletére nagyon hatékonyak. Jelenleg, a csomagoló üveg füstgáz szűrésében a legszokványosabb, a modern és megbízható kialakításnak és az ellenőrző rendszereknek köszönhetően. Bár, mivel bizonyos körülmények között lehetséges az eltömődésük, nem mindenhol részesítik őket előnybe. Sok esetben létezik ugyan műszaki megoldás e nehézségekre, de ezek pótlólagos költségekkel járhatnak.

A szövet szűrés alapelve, hogy azt a szövet membránt kell kiválasztani, amelyik a gáz átereszt, de a port visszatartja. Kezdetben, a por úgy a szálak felületén, mint a szövet belsejében rakódik le, majd ahogy egy felületi réteg képződik, úgy lesz ez a meghatározó szűrő réteg. Mivel a por réteg vastagszik, az ellenállása a gázáramra növekszik, és a szűrőanyag rendszeres tisztítása szükséges, hogy a szűrőn jelentkező nyomáscsökkenést ellenőrzés alatt tartsuk. A gázáram iránya vagy a zsák belseje felől kifelé irányul, vagy a zsák külseje felől befelé (lásd a 3.4 Ábrát).



3.4 Ábra: Zsákos (szövet) szűrő elrendezése

[70, VDI 3469-1 2007]

A zsákos szűrő legszokványosabb tisztítási módszerei a légáram irányának váltakozását, a mechanikai rázást, vibrációt és a sűrített levegővel való pulzálást foglalják magukba. Gyakran, ezeknek a módszereknek a kombinációját alkalmazzák. A normál tisztítási mechanizmus nem teszi lehetővé, hogy a szövet az eredeti állapotába térjen vissza. Nem előnyös túltisztítani a szövetet, mert a szövet belsejében lerakódott részecskék segítenek lecsökkenteni a szálak közötti pórust, ami az elérendő nagy hatékonyságot lehetővé teszi.

A szövet szűrőket az elvárt szűrési sebességre alakítják ki, amelyet a szövet egységnyi felületén átáramló elfogadható maximális gáz sebesség határoz meg (m/s értékben megadva). A szűrés sebessége általában a 0.01-től 0.06 m/s értékig terjedő tartományban van, az alkalmazástól, a szűrő típusától és a szövettől függően. A szűrő kialakítását a nyomásesés (üzemeltetési költségek) és a méret (beruházási költségek) közötti egyensúlyra kell optimalizálni. Ha a szűrés sebessége túl nagy, akkor a nyomásesés is nagy lesz, és a részecskék behatolnak és eltömítik a szövetet. Ha a szűrés sebessége túl kicsi, akkor szűrés hatékony lesz, de nagyon drága.

Mivel az üveg kádkemencéket elhagyó füstgázokban jelenlévő részecskék a szűrő anyagához tudnak tapadni, a szűrőanyagra leválasztott részecskéket néha gond lehet letisztítani. A folyamatos, kielégítő üzemeltetést elősegítheti a részecskék összetapadásának lehetősége azáltal, hogy a szűrőanyagról letisztított részecskék egy részét a tisztítatlan gázáramba folyamatosan visszajuttatják. A gázmosóban alkalmazott mészhidrát ezt a hatást erősítheti.

A szövetanyag kiválasztásánál figyelembe kell venni a gáz összetételt, a por méretét és természetét, az alkalmazandó tisztítási módszert, a szükséges hatékonyságot és a gazdasági vonatkozásokat. A gáz hőmérsékletre a gáz hűtés módjával együtt szintén tekintettel kell lenni sőt, ha szükséges még a vízgőzre és a sav harmatpontjára is. A figyelembe veendő szövet

jellemzők közé tartozik a maximális üzemeltetési hőmérséklet, a kémiai ellenálló képesség, a szálfforma és a fonal típus, a szövet szövés, a szövet kikészítés, a koptatási és hajlítási ellenállóság, a szilárdság, a gyújtó képesség, a vászon kikészítés és a vászon áteresztő képesség.

Elért környezetvédelmi előnyök

A zsákos szűrők nagyon hatékony porgyűjtő berendezések, és a 95–99%-os leválasztási hatékonyság lenne elvárható.

A 0.5 és 5 mg/Nm³ közötti részecske kibocsátások elérhetők és sok alkalmazásnál, az 5 mg/Nm³ alatti szint pedig elvárható. Ez általában megfelel a lényegesen kisebb, mint 0.008 kg per olvadt üveg tonna értéknek és kevesebb, mint 0.02 kg/t üveg értéknek néhány speciális esetben, mint a boroszilikát üvegek vagy módosított mésznátron üvegek.

Meg kell jegyezni, hogy a szakaszos mérések esetén a szabványos módszerek (lásd EN 13284-1:2003) bizonytalansága ugyanolyan nagyságrendű, mint maga a mért érték, ezért az alacsony koncentrációs adatokról szóló jelentéseket óvatosan kell kezelni.

Az ilyen alacsony érték elérésének a szükségessége fontos lehet akkor, ha a folyamatokból származó por jelentős mennyiségű fémeket tartalmaz (elérve vagy túllépve a jellemző kibocsátási határértékeket).

A bőrvegyületek füstgázokból való eltávolítása zsákos szűrő használatával még hatékonyabb lehet, amelyik viszonylag alacsony hőmérsékleten üzemel (lásd 3.4.1 pontot).

Az ásványgyapot szektorban, főleg a közetgyapot kúpoló kemencéknél vannak olyan jelentések, hogy a zsákos szűrők alkalmazásával a már meglévő gyártósoroknál, az esetek kb. 60%-ban, a por kibocsátások mindössze 10 mg/Nm³ alatti értékeket érnek el.

Ha egy zsákos szűrővel mosási lépcső is alkalmazva van, akkor ez alacsonyabb teljes savas gázkibocsátást eredményez (lásd a 3.4.3 és a 3.4.4.2 pontokat). Ha a port újrahasznosítják, akkor a savas gázok egy része újra felszabadulhat. Mindazonáltal, egy olyan dinamikus egyensúly fog kialakulni, ahol általában az üvegben több fog megkötődni, néhány alapanyag mennyiségét csökkenteni lehet, és a teljes kibocsátás végül alacsonyabb lesz. Néhány gázszennyezőnél és speciális körülményeknél, a száraz mosó hatékonysága nagyobb lehet a zsákos szűrőkkel, mint az ESP-ké, mert további abszorpció is lehetséges a zsákokra felrakódott rétegen, vagy a por egy részének újra felhasználása alatt, amely mechanizmus a modern zsákos szűrő rendszereknél található.

Környezeti elemek keresztthatások

A zsákos szűrők alkalmazása a sűrített levegő és a ventilátorok és a szabályozó rendszerek miatt elektromos energia felhasználást igényel, de ez a kemence energia felhasználásának csak kevesebb, mint 1%-ra tehető. Az elektromos energia felhasználásával kapcsolatos közvetett CO₂ kibocsátások az erőmű forrásától függenek. Egy 500 t/nap kapacitású float üveg kemence becsült kibocsátása kb. 2500 t CO₂/év (2.5–3%-a az üveg kemence éves CO₂ kibocsátásának). Egy 300 t/nap kapacitású csomagoló üveg kemence becsült közvetett CO₂ kibocsátása, amely a zsákos szűrő használatával kapcsolatos kb. 3%-a a kemence teljes (tűzelésből és alapanyagból származó) CO₂ kibocsátásának.

Az elektromos áram használatával kapcsolatos közvetett kibocsátásokat 10 – 26 kg CO₂/t olvadt üveg, 0.025 – 0.045 kg NO_x/t olvadt üveg és 0.09 – 0.16 kg SO₂/t olvadt üveg értékek a létesítmény kapacitásától függenek.

Mint az ESP-nél, további közvetett kibocsátás is jelentkezik a mosó folyamatban alkalmazott alkáli reagensek előállításakor (szódabikarbóna, szóda, méshidrátt). Egy 200–600 t/nap kapacitású csomagoló üveg kemence a 60–200 t CO₂/év becsült tartományban helyezkedik el (<0.5%-a a kemence teljes CO₂ kibocsátásának), és egy nagyobb 500–900 t/nap kapacitású

float üveg kemencénél ez pedig 300–600 t CO₂/év (kb 0.5%-a a kemence teljes CO₂ kibocsátásának).

Ha a technika mosó lépcsőt is tartalmaz, akkor egy szilárd hulladék áram keletkezik, amelyet vagy a kemencében lehet újrahasznosítani vagy a lerakóba elhelyezni. Mint az ESP-nél a szilárd hulladék képződés lehet egy nagyobb keresztthatás, amikor por újrahasznosítása nem lehetséges és a külső elhelyezés szükséges. Amikor egy zsákos szűrő van alkalmazva, a szűrőpor újrahasznosítására a 3.4.1.2 pontban bemutatott azonos korlátozások érvényesek. Az üvegolvasztó kemencékhez alkalmazott légszennyezés szabályozó rendszer (LSZR) költségeinek és keresztthatásainak összefoglalását mutatja be a 3.12 Táblázat.

Üzemeltetési adatok

Mint az ESP-nél, a zsákos szűrő por csökkentési hatékonysága az idő elteltével és az üzemeltetési feltételekkel (lásd a 3.4.1.2 pontot) változni tud.

Egy zsákos szűrő rendszernél alapvető fontosságú a füstgáz megfelelő hőmérséklettartományban való tartása. A gázt, a jelenlévő bármely, kondenzálódni képes anyag (pl H₂SO₄ vagy víz) harmatpontja fölött, és a szűrőanyag felső hőmérséklet korlátja alatt kell tartani. Ha a hőmérséklet túl alacsony, akkor olyan kondenzáció lehetséges, amely a zsák eltömődéséhez és/vagy a szövet anyag kémiai megtámadásához vezethet; míg ha a hőmérséklet túl magas, akkor a szűrőanyag károsodhat, ami drága pótlást igényel. A hagyományos szűrő szövetek többnyire a 130 és 220 °C közötti maximum hőmérsékleten üzemeltethetők, és általában minél magasabb az üzemeltetési hőmérséklet, annál nagyobb a költség. A legtöbb üveg gyártásánál, a füstgáz hőmérséklete 450 és 800 °C közé esik. Ezért a gázt a szűrő előtt le kell hűteni hígítással (hideg levegő bekeverésével), gyors lehűtéssel (víz bepermetezés) vagy hőcserélő révén.

Ha a füstgázok valószínűleg savas anyagokat tartalmaznak (főleg olajtüzelésű kemencéknél), akkor a szűrőbe történő bevezetés előtt egy mosó lépcső beépítését szükséges figyelembe venni azért, hogy a sav kondenzáció megelőzhető legyen, amely bizonyos szűrő anyagokat és a szűrő szerkezetét is károsítaná. Bór tartalmú füstgázoknál, a mosó lépcső segít leválasztani az illó bór anyagokat és könnyebben összegyűjthetővé teszi a port a nélkül, hogy ez eltömődéshez vezetne.

Bár, a szövet szűrők érzékeny anyagok, a technológia kellően fejlett és a modern szűrők ma már megfelelően erősek. Van olyan alkalmas szabályozó rendszer, amely a hőmérséklet pontos szabályozását lehetővé teszi azért, hogy megfelelő megbízhatóságot nyújtva a zsák szövetét ne érje károsodás. Egy jól kifejlesztett technológia, kombinálva egy megbízható folyamatos elektronikus szabályozó rendszerrel az, ami szükséges, hogy megelőzze a szűrőszövet elkerülhető károsodását.

A modern zsákos szűrő rendszerek több, mint 1000 zsákot tartalmaznak. Csekély számú zsák károsodás normális esetben nincs hatással jelentősen a szűrési teljesítményre. A kémiyén lévő folyamatos por ellenőrző rendszerek bármilyen lehetséges problémát hatékonyan azonosítanak.

A zsákos szűrők használatával kapcsolatos fő előnyöknek és hátrányoknak az összesítését a 3.10 Táblázat mutatja be.

Előnyök

- nagyon nagy por leválasztási hatékonyság
- száraz állapotban történik a szűrés
- egyszerűbb alkalmazásoknál alacsonyabb beruházási költség
- fémek hatékony befogása
- általában, megnövelt leválasztási hatékonyság a savas gázanyagokra, pl. hidrogén-fluorid, szelén és bór vegyületek.

Hátrányok:

- a folyamatosan képződő szilárd hulladékot nem minden esetben lehet újrahasznosítani
- megnövekedett energia felhasználás a nagyobb nyomásesés miatt (CO₂ és más közvetett kibocsátások az elektromos áram termeléséből adódóan)
- a gáz hűtése gyakran szükséges
- a szövetet esetenként kondicionálni kell
- néha drága szövet szükséges
- a harmatpont problémák a szövet szűrők és szűrőházak eltömődéséhez vezetnek
- a tisztító levegőt (fordított áramlási irány) esetenként elő kell melegíteni
- bizonyos porokat nehezen lehet eltávolítani, ami a tervezettnél nagyobb nyomásesést okoz
- a kilépő füstgáz hőmérséklete túl alacsony az SCR-hez, ezért az alkalmazása a gáz visszamelegítését igényli, kb. 5-10% energia felhasználás növekedés mellett, az olvasztó kemence energia felhasználásához viszonyítva.

3.10 Táblázat: A zsákos szűrők fő előnyei és hátrányai

Alkalmazhatóság

A zsákos szűrők széles elfogadottságot nyertek már az üvegipar számos szektorában. Elvileg, a zsákos szűrőket az üvegipar összes kemence típusához alkalmazni lehet, és úgy az újakhoz, mint a meglévőkhöz. Bár, sok szektornál gyakran nem lehet ezt a technikát választani a viszonylag nagy karbantartási követelmények és a szövet eltömődésének lehetősége miatt, amely a szűrő anyagának költséges cseréjét eredményezi. Noha, egy további mosó lépcső és a tüzelőanyag alacsony kéntartalma csökkenti a zsákok eltömődésének folyamatát.

Egy további szempont a zsákos szűrőkkel kapcsolatban az az, hogy a legtöbb fosszilis tüzelőanyag tüzelésű kemence érzékeny nyomásszabályozást igényel, és egy nagy nyomáseséssel üzemelő szövet szűrő ezt nehezebbé teszi. A modern anyagok és a szabályzó rendszerek már lecsökkentették ezt a problémát. Az említett szempontoknak köszönhetően, műszakilag előnyösebb több kemencét egyetlen ESP-re kapcsolni, mint egy zsákos szűrőre.

A modern rendszereknél, a fent említett problémák legtöbbjét már megoldották, és a csomagoló üveg üzemekben, a boroszilikát üveg üzemekben és egy float üveg üzemben sok példa van jól működő zsákos szűrőkre.

A síküveg szektor sok alkalmazásában, a kemencében lévő nyomásszabályozás alapvetően fontos a megkívánt magas üvegminőség biztosításához. A létrehozott nagy nyomásesés miatt, a zsákos szűrők nagyon nehezen üzemeltethetőnek bizonyultak a kemencében elvárt nyomás feltételek betartására, és így a gyártott üveg megkívánt minőségére nézve. További nehézség a füstgáz alacsony hőmérsékleten tartása, így a float üveg kemencékre a zsákos szűrő nem a legjobb választás. 1996-ban, egyetlen float kemence volt felszerelve zsákos szűrővel és a mai napig is ez az egy maradt Európában, és azóta nincs más zsákos szűrővel felszerelt float kemence; az összes esetben ESP lett kiválasztva előnybe részesített technikaként.

A szövet eltömődéséből adódó szűrő dugulás különösen fontos a fosszilis tüzelőanyag tüzelésű üvegyapot kemencéknél (és néhány, más, bór tartalmú üvegnél), mert a finom részecske anyagok ragadós természete miatt nehéz a dugulást elkerülni, amelyet a száraz mosási lépcső hiánya okoz.

E kemencék többnyire gáztüzelésűek rendkívül alacsony savas anyag koncentrációkkal, és ezért nincs szükség mosó lépcsőt beépíteni a jól üzemeltetett zsákos szűrő mellé. Ez a beruházási és üzemeltetési költségeket jelentősen csökkenti, és a por újrahasznosítását sokkal könnyebbé teszi. Mindazonáltal, a mosó lépcső alkalmazása előnyös az illó anyagok kondenzációjára és abszorpciójára, pl. bór és szelén vegyületek.

A technika széles körben alkalmazott az elektromos kemencékhez, kőzetgyapot kúpolókhöz, fritt kemencékhez és a Magas Hőmérsékletű Szigetelő Gyapot (HTIW) kemencékhez kapcsolva, és kisebb mértékben csomagoló üveg kemencékhez. Sok, kisebb fosszilis tüzelőanyag tüzelésű kemencénél, zsákos szűrőt választanak, mint olyan technikát, amely mosó rendszerekkel üzemel, és amely a savas gáz kibocsátások csökkentésére lett beépítve. Továbbá, a zsákos szűrők az elektrosztatikus porleválasztókhoz viszonyított alacsonyabb beruházási költsége nagyon vonzó lehet, ellensúlyozva a több karbantartással és a zsák eltömődésének kockázatával kapcsolatos kiadásokat.

A zsákos szűrő rendszerek alkalmazása nem a legjobb megoldás akkor, ha SCR használata vetődik fel, az általában alacsony üzemeltetési hőmérséklet miatt, ami nem felel meg a katalizátor üzemeltetési feltételeinek.

Gazdasági vonatkozások

Általában, a zsákos szűrő rendszerek beruházási költségei alacsonyabbak, mint az elektrosztatikus porleválasztóké, de a folyó költségek viszont nagyobbak lehetnek. Mindazonáltal, nagy gáztérfogatoknál a száraz mosási lépcsővel kombinált zsákos szűrők fajlagos költségei hasonlóak, sőt magasabbak, mint az ESP plusz a mosó rendszereké. Főleg a float üveg kemencéknél ez a helyzet, vagy az olyan eseteknél, ahol több csomagoló üveg kemence van csatlakoztatva egyetlen légszennyezés szabályozó rendszerre.

A zsákos szűrő költségeket érintő főbb tényezők:

- a füstgáz térfogata
- a szűrő felület nagysága (a szükséges hatékonyságtól függően)
- szövetanyag (üvegszál, poliamid, poliimid, stb.)
- a füstgáz kondicionálása a szűrő üzemeltetési hőmérsékletére
- ha a savas gáz mosása szükséges, a mosó és a mosóanyag hatékonysága (pl. mészhidrát, szódabikarbóna, szóda)
- gyári jellemzők (rendelkezésre álló hely, elrendezés, telephely előkészítés szükségessége, stb.)
- energia, elektromos energia, víz, munkaerő helyi, fajlagos költségei
- porelhelyezési költségek (ha nem lehetséges az újrahasznosítás)

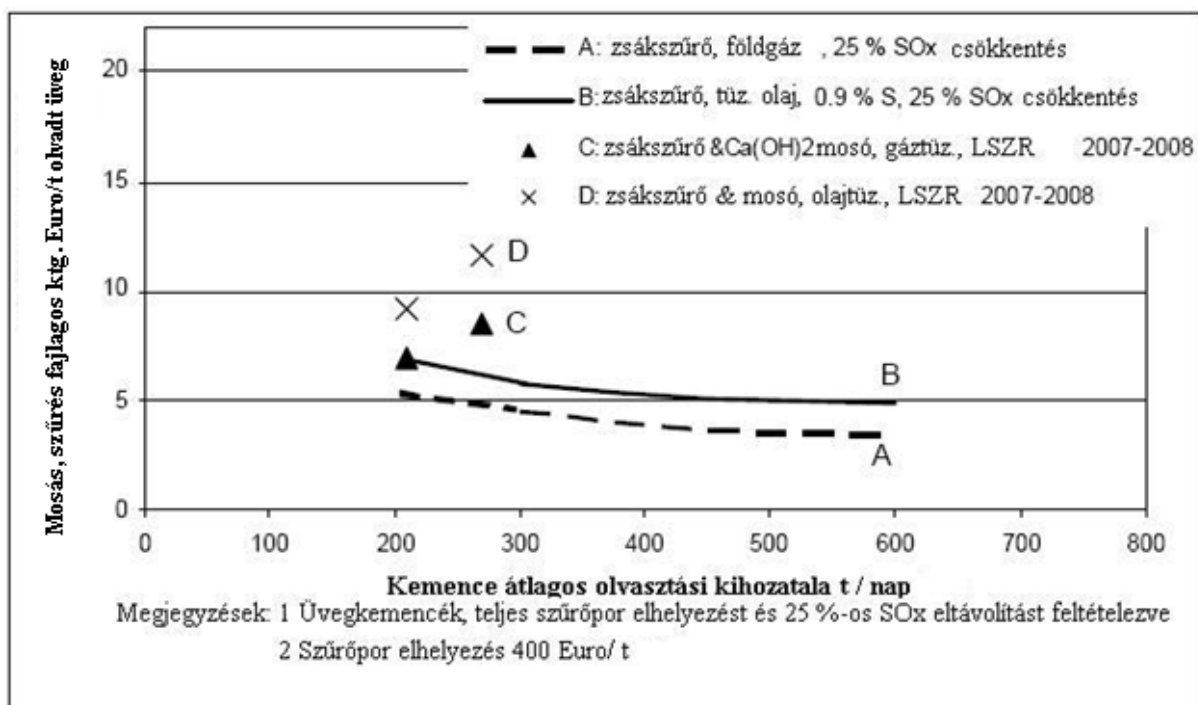
A hivatkozott tanulmányban, különböző kemence kapacitásokra és SO_x eltávolítás hatékonyságára vonatkozó költségbecslések lettek elkészítve. A főbb becsült költségek a következők:

- Egy 500 t/nap kapacitású float üveg kemencén alkalmazott zsákos szűrő és mosó kombinációjának számított fajlagos költségei kb. 7 EUR/t olvadt üveg (szűrőpor újrahasznosítás nélkül), míg az ESP plusz száraz mosó költségei kb. 6.5 EUR/t. Az

üzemeltetési költségek magasabbak a zsákos szűrőre, mint az ESP-re. Ugyanilyen méretű float üveg kemence tipikus beruházási költségei 2.7 millió EUR-t tesznek ki, és az éves üzemeltetési költségek 0.9 millió EUR körül vannak. Az elektromos energia és az alkáli reagensek felhasználásából adódó közvetett CO₂ és NO_x kibocsátások nagyobbak az ESP-hez viszonyítva.

- bár, a kisebb gázárammal rendelkező, egyetlen csomagoló üveg kemencénél az ESP-hez viszonyított fajlagos költségek valamivel alacsonyabbak a zsákos szűrő rendszerre. Pl. egy 300 t olvadt üveg/nap termelésű gáztüzelésű csomagoló üveg kemence tipikus költségei szűrőpor újrahasznosítás nélkül 4.5–6 EUR/t olvadt üveg, és szűrőpor újrahasznosítással pedig 3.9–4.5 EUR/t olvadt üveg. Kivételes esetekben, a költségek 25%-al is növekedhetnek (pl. viszonylag nagy LSZR-nél, hogy a kemence kihozatal maximumán is képes legyen üzemelni). A megadott tartomány alsó részén található költség adatok a 2005 előtt üzembe helyezett Légszennyezés Szabályozó Rendszer berendezéseken alapulnak. Noha, a szűrő rendszerek beruházási költségei 2007–2008-ban emelkedtek, lásd a 3.12 Táblázatot.
- a 200–300 t/nap olvadt üveg termelési szintnél, a zsákos szűrővel kombinált száraz mosó fajlagos költségei 5–6.5 EUR/t olvadt üveg olajtüzelésre és teljes szűrőpor újrahasznosításra, míg 4.5–6 EUR/t olvadt üveg gáztüzelésre és szűrőpor újrahasznosításra, amelyek egy 2006-ban üzembe helyezett berendezés beruházási költségein alapulnak. Ezek a költségek emelkedni fognak gáztüzelésű kemencéknél (füstgáz: 600–800 mg SO₂/Nm³) kb. 1 EUR/t olvadt üveg értékkel teljes szűrőpor elhelyezésnél (400 EUR/t), és 2 EUR/t olvadt üveg értékkel fog emelkedni olajtüzelésű kemencénél (1800 mg SO₂/Nm³) feltételezve, hogy a száraz mosás 25–30% SO_x eltávolítási hatékonyságú, és a teljes szűrőpor lerakóba kerül elhelyezésre.
- a zsákos szűrők plusz száraz mosók beruházási költségei tipikusan 1.2–1.5 millió EUR kis kemencéknél (200 t/nap), és nagyobb, 300–350 t/nap kapacitású csomagoló üveg kemencéknél pedig 2 millió EUR-ra is fölmehet.
- 200–600 t/nap olvadt üveg termelési tartományban, az üzemeltetési költségek teljes szűrőpor újrahasznosítás esetén az évi 170 000 EUR-tól, a 345 000 EUR-ig tartó tartományba esnek, és amikor pedig a szűrőpor elhelyezése válik szükségessé, akkor az évi 220 000 EUR és 490 000 EUR közé. A szűrőpor elhelyezése esetén, az olajtüzelésű kemencék fajlagos költségei magasabbak lesznek a gáztüzelésű üveg kemencékhez képest a nagyobb mennyiségben képződő szűrőpor miatt (a költségnövekedés további 1.65 EUR/t üveg értéket tehet ki).

A 3.5 Ábra, csomagoló üveg kemencékre üzembe helyezett zsákos szűrők plusz száraz mosók néhány becsült költség adatát mutatja be.



3.5 Ábra: Csomagoló üveg kemencék száraz mosókkal kombinált zsákos szűrőinek becsült fajlagos költségei, teljes szűrőpor elhelyezést és 25%-os SO_x eltávolítást feltételezve

[94, Beerkens - APC Evaluation 2008]

Az ugyanolyan SO₂ kibocsátás csökkentést feltételezve, az olajtüzelésű kemencék fajlagos költségei (lásd a 3.5 Ábrát) 30–35%-al magasabbnak tűnnek, mint a gáztüzelésű kemencéké, főként abból adódóan, hogy a szulfát szűrőpornak nagyobbak az elhelyezési költségei és a mészhidrátnak is nagyobbak a költségei (mivel, az olajtüzelésű üveg kemencék füstgázáramában magasabb az SO₂ koncentráció, több mészhidrát szükséges). Ezek a költségek 2007-ben megemelkedtek, az üzembe helyezés (szűrő, mosó és csővezetékek) nagyobb beruházási költségeinek köszönhetően, amint azt a 3.5 Ábra C és D esete mutatja. A kisebb üvegtermelés tipikus költségei a 6-tól 10 EUR/t olvadt üveg értéktartományban helyezkednek el, de néha még ennél is magasabb költségekkel lehet számolni. A 400–500 t/nap olvadt üveg gyártás fölött a költségek 3.5 és 5 EUR/t olvadt üveg között vannak. Ezek a költségek gáztüzelésű kemencéknél, a leválasztott szűrőpor lerakóba történő teljes elhelyezéséből és a gáztüzelésből adódnak. A fajlagos költségek 1-1.5 EUR/t olvadt üveg értékkel fognak növekedni a szűrőpor elhelyezés és az olajtüzelés esetén.

A 3.12 Táblázat a csomagoló, a float, a háztartási üveg és a folyamatos üvegrost szektorok olyan különböző méretű létesítmények beruházási és üzemeltetési becsült költségei összegzését mutatja be, ahol zsákos szűrőket plusz különböző megoldású mosó rendszereket építettek be.

Különböző üzemeltetési feltételek alatt, speciális üveg gyártó két létesítmény jelenlegi költség adatainak példái a 3.11 Táblázatban vannak közzé téve.

	Speciális üveg 1 sz. Létesítmény ⁽¹⁾		Speciális üveg 2 sz. Létesítmény
Kemence típus	Elektromos olvasztás		Oxy-tüzelésű
Tüzelőanyag	-		Földgáz
Kemence kapacitás	86 t/nap		50 t/nap
Jelenlegi kihozatal	80 t/nap		40 t/nap
Elektromos pótfűtés	-		igen
Üveg típus	Borosilikát, fehér		Borosilikát
Cserép	70%		60%
Fajlagos energia felhasználás ⁽²⁾	4.18 GJ/t üveg (két kemence átlaga)		6.72 GJ/t üveg
Hőmérséklet szűrő előtt	80 °C		105 °C
Megkötőanyag típus	Ca(OH) ₂		Ca(OH) ₂
Megkötőanyag mennyiség	3 kg/óra		15 kg/óra
Szűrőpor újrahasznosítás a keverékben	0%		0%
ESP energia felhasználás, ventilátorral együtt	20 kWh/óra		34 kWh/óra
Beruházási költségek ⁽³⁾	440 000 EUR		1.5 millió EUR
Amortizáció hossza	10 év		15 év
Üzemeltetési költségek	50 000 EUR/év		83 109 EUR/év
Éves amortizációs költségek	58 520 EUR/év		126 000 EUR/év
Teljes éves költségek	108 520 EUR/év		209 109 EUR/év
Becsült költségek per t üveg	3.71 EUR/t üveg		14.32 EUR/t üveg
Kapcsolódó kibocsátási szintek (AEL-ek)	Félórás átlag értékek		Félórás átlag értékek
mg/Nm ³ , száraz gáz	Por: 1.2 ⁽⁴⁾ SO _x : <0.7 HCl: 5.1 HF: 0.3	Por: 0.8 ⁽⁴⁾ SO _x : <4.7 HCl: 22.0 HF: 0.3	Por: 0.3 ⁽⁴⁾ SO _x : 5.6 HCl: 6.9 HF: 0.45
kg/t üveg	Por: 0.0017 ⁽⁴⁾ SO _x : <0.037 HCl: 0.028 HF: 0.0018	Por: 0.0008 ⁽⁴⁾ SO _x : <0.013 HCl: 0.061 HF: 0.0009	Por: 0.0027 SO _x : 0.54 HCl: 0.066 HF: 0.0043
1. Az adatok egy létesítménynek a két elektromos kemencéjére vonatkoznak. A feltüntetett termelési kapacitás a két kemence összege. 2. A közölt adat a felhasználási pont energiájára utal, és nincs helyesbítve az elsődleges energiával. 3. A költség adatok a szűrésre és a száraz mosó rendszerre vonatkoznak. Az értékek a levegő szennyezés szabályozó rendszer üzembehelyezésének évére értendők, és nem szükségszerűen mutatják be a jelenlegi költségeket. 4. Az alacsony koncentrációs értékek az egyedi mérésekre vonatkoznak, amelyek főleg a kedvező kedvező feltételekkel kapcsolatosak. A mérési módszer bizonytalansága valójában a mért értékkel megegyező nagyságú.			

3.11 Táblázat: Speciális üveg szektor két létesítményénél alkalmazott zsákos szűrők jelenlegi költségeinek példái

[75, Germany-HVG Glass Industry report 2007]

Alkalmazási hajtóerő

A jogszabályi kibocsátási határértékek teljesítése a legfontosabb alkalmazási hajtóerő.

A száraz vagy félszáraz mosással kombinált zsákos szűrő rendszer üzembe helyezésére vonatkozó alkalmazási hajtóerő további tényezője a fém kibocsátások (Pb, Se stb.) és/vagy gázkibocsátások (SO₂, HCl, HF, stb.) csökkentésének követelménye. Amikor a porkibocsátásokhoz fémek is kapcsolódnak, akkor egy jó megoldás lehet a zsákos szűrő. Az

olyan illó fémeknél, mint a szelén és arzén, a zsákos szűrők alacsonyabb üzemeltetési hőmérséklete elősegíti a fémek jó befogását.

Minta gyárak

2005-ben több, mint 16 gyárat szereltek föl zsákos szűrőkkel a csomagoló üvegnél, és más üveg szektorokban sokkal több volt ennél. Az EU-27-ben csak egy síküveg létesítmény üzemelt zsákos szűrővel

Referencia irodalom

[tm32 Beerkens][33, Beerkens 1999] [64, FEVE 2007] [70, VDI 3469-1 2007] [94, Beerkens - APC Evaluation 2008] [86, Austrian container glass plants 2007]

LSZR módszerek és alkalmazások ^{(1) (2) (3)}	Beruházás EUR	Beruházás/év EUR/év	Üzemeltetés/év EUR/év ⁽¹⁾	Fajlagos ktg-ek EUR/olvadt t	Δ por t/év	Δ SO _x t/év	Fajlagos ktg-ek EUR/kg SO ₂	Fajlagos ktg-ek EUR/kg por
Zsákos szűrő plusz száraz mosó								
Float üveg 500 t / nap teljes szűrőpor elhelyezés	2670000	344300	930000	6.98	-80	-159	0.72	14.42
Csomagoló üveg 200 t / nap szűrőpor újrahasznosítás	1211000	158600	168000	4.63	-17.2	-19.9	0.9	17.93
Csomagoló üveg 300 t / nap szűrőpor újrahasznosítás	1435500	188400	234000	3.86	-20.3	-26.5	0.98	19.57
Csomagoló üveg 450 t / nap szűrőpor újrahasznosítás	1588300	208000	268000	2.9	-35.3	-43.4	0.64	12.72
Csomagoló üveg 600 t / nap szűrőpor újrahasznosítás	1895000	249000	344000	2.7	-43.3	-53.3	0.64	12.9
Csomagoló üveg 210 t / nap szűrőpor újrahasznosítás üzembe helyezés 2007 (gáz)	1960000	260300	191000	5.89	-25	-29	0.85	17
Csomagoló üveg 210 t / nap szűrőpor újrahasznosítás 2007 (olaj)	1960000	260300	227400	6.36	-28	-87	0.76	15.11
Csomagoló üveg 270 t / nap szűrőpor újrahasznosítás 2008 (olaj)	3036000	406500	365000	7.83	-47	-146	0.71	14.21
Csomagoló üveg 290 t / nap szűrőpor újrahasznosítás üzembe helyezés 2008 (gáz)	1860000	247000	235000	4.55	-28.5	-33	0.8	16
Csomagoló üveg 200 t/nap teljes szűrőpor elhelyezés	1211000	158600	220000	5.2	-16	-19.1	1	20.04
Csomagoló üveg 300 t / nap teljes szűrőpor elhelyezés	1435500	188400	298000	4.44	-20.5	-23.6	1.04	20.78
Csomagoló üveg 450 t / nap teljes szűrőpor elhelyezés	1588900	208000	380000	3.6	-35	-41	0.79	15.74
Csomagoló üveg 600 t / nap teljes szűrőpor elhelyezés	1895000	249000	488000	3.37	-45.5	-52.6	0.77	15.3
Csomagoló üveg 210 t / nap teljes szűrőpor elhelyezés üzembe helyezés 2007	1960000	260300	271000	6.93	-25	-29	1	20.1
Csomagoló üveg 290 t / nap teljes szűrőpor elhelyezés üzembe helyezés 2005 (gáz)	1860000	247000	326000	5.41	-28.5	-33	0.95	19
Csomagoló üveg 290 t / nap teljes szűrőpor elhelyezés üzembe helyezés 2005 (olaj)	1860000	247000	526000	7.3	-32	-99	1.16	23.14
Háztartási kemence 30 t / nap szűrőpor újrahasznosítás	771000	99600	64500	12.85	-5.32	-3.25	1.49	30
Háztartási kemence 30 t / nap teljes szűrőpor elhelyezés	771000	99600	77200	13.84	-5.32	-3.25	1.61	32.2
Háztartási kemence 180 t / nap szűrőpor újrahasznosítás	900000	115000	174000	4.36	-8	-4.3	1.77	35.5
Háztartási kemence 200 t / nap szűrőpor újrahasznosítás	905200	120000	155000	3.76	-11.4	-6.1	1.17	23.5
Háztartási kemence E-pótfűtés boroszilikát üveggel 150 t / nap	1150000	154000	141000	5.4	-68	--	--	--
E-üveg kemence oxigén-tüzelés 100 t / nap , teljes szűrőpor elhelyezés (becsült)	1224000	160000	281000	11	-34	-39	0.61	12.3
Zsákos szűrő plusz félszáraz mosó								
Float üveg 500 t / nap szűrőpor elhelyezés nélkül, gáztüzelés, 400 mg SO _x /Nm ³ alatt	4500000	586000	700420	7.05	-68.3	-285	0.78	15.58

LSZR módszerek és alkalmazások ^{(1) (2) (3)}	Beruházás EUR	Beruházás/év EUR/év	Üzemeltetés/év EUR/év ⁽¹⁾	Fajlagos ktg-ek EUR/olvadt t	Δ por t/év	Δ SO _x t/év	Fajlagos ktg-ek EUR/kg SO ₂	Fajlagos ktg-ek EUR/kg por
Float üveg 500 t / nap szűrőpor elhelyezés nélkül olajtüzelés 750 mg SO _x /Nm ³ alatt	4500000	586000	756860	7.36	-82.6	-655	0.58	11.65
Float üveg 900 t / nap szűrőpor elhelyezés nélkül gáztüzelés	7345000	963270	947000	5.82	-122	-508	0.65	12.96
Float üveg 500 t / nap szűrőpor elhelyezés nélkül gáztüzelés	4500000	586000	1165000	9.59	-69.4	-290	1.04	20.88
Float üveg 500 t / nap szűrőpor elhelyezés nélkül olajtüzelés	4500000	586000	1793000	13.03	-83.8	-665	1.02	20.3
Float üveg 900 t / nap szűrőpor elhelyezés nélkül gáztüzelés	7345000	963270	1774000	8.33	-121	-508	0.93	18.58
Csomagoló üveg kemence 350 t / nap szűrőpor elhelyezés nélkül, gáztüzelés	2304500	300400	377000	5.3	-23.2	-100.7	1.2	24.02
Csomagoló üveg kemence 350 t / nap teljes szűrőpor elhelyezés, gáztüzelés	2304500	300400	535000	6.54	-23.2	-100.7	1.48	29.62
1. A szűrőpor elhelyezési költségei 400 EUR/t értékre vannak becsülve. 2. t/nap = tonna per nap 3. A számításhoz használt kibocsátási adatok a következők: ▪ por: 10 és 20 mg/Nm ³ közötti jellemző értékek ESP-re. Optimalizált értékek 5 és 10 mg/Nm ³ között vannak ▪ SO ₂ : jellemző eltávolítási hatékonyság Ca(OH) ₂ -al 25 és 33% között van.								

3.12 Táblázat: LSZR rendszerek becsült költségei zsákos szűrőkre és mosóra, amelyeket üveg olvasztó kemencék füstgázaira használnak [94, Beerkens - APC Evaluation 2008]

3.4.1.4 Mechanikai porleválasztók

Leírás

A mechanikai porleválasztók kifejezés azokat a technikákat írja le, amelyek mechanikai erővel (nehézségi, tehetetlenségi, centrifugális) választják le a port a gázáramból, például:

- ciklonok – a gázzal forgó mozgást közölnék, és a por a centrifugális erő hatására leválasztódik
- gravitációs ülepítők – a gáz egy olyan nagy kamrába jut, ahol a sebessége annyira lecsökken, hogy a por kiüledik
- terelő lemezes kamrák – a terelő lemezek a gázt irányváltásra kényszeríti, és a por kiválik
- zsaluk – kis terelő lemezek sora a gázáramot felosztja, majd irányváltásra kényszeríti, és a por kiválik

Ezek a technikák a kicsi részecskékre gyenge leválasztási hatékonyságúak, főleg a 10 μm alatti átmérőjűekre, és ritkán alkalmazzák őket, mivel az üvegiparban szóba jöhető porok legtöbbje a kis részecske mérettartományba esik. Ez alól a ciklon a kivétel, amelyet több helyen is alkalmazhatnak, főként más technikák előkészítéseként. Az üzemeltetési elvek és a fő előnyök és hátrányok alább kerülnek összefoglalásra. Mindazonáltal, a kemence kibocsátásokra nem tekinthetők hatékony technikának, így a ciklonok leírása sem részletekbe menő.

A ciklon tehetetlenségi erővel működő gáztisztító berendezés. A por, akkor válik ki a gázáramból, amikor a gáz áramlási iránya megváltozik, de a por, a tehetetlenségénél fogva folytatja az útját az eredeti irányának megfelelően és lerakódik egy gyűjtő felületen. Két ciklon típus van, a fordított áramlású és az egyenes vonalú. A fordított áramlású ciklonok a leggyakoribbak, és egy kúpos aljú hengeres testből, egy porgyűjtő tartályból és levegő be és kivezetésekből állnak. A fordított áramlású ciklonoknak két fő típusa van, a tangenciális és az axiális. Ezek az osztályok a légbevezetés geometriájából erednek.

A belépő gázáramot örvényszerűen vezetik be és a centripetális erő fenntartja a cirkuláló mozgást. A kritikus méret feletti részecskék kirepülnek a belépő spirálból egy nagyobb sugarú pályára és végül leválnak a ciklon falán. A légáram lesodorja a port a gyűjtő kamrába, és a kúp alján a gázáram megfordul és a tiszta gáz, a ciklon közepén lévő kivezetőn keresztül spirálisan távozik.

Általában, a ciklon hatékonysága növekszik, ha a következők is növekednek: a részecske anyag sűrűsége, a belépő sebesség, a ciklon hossza, a gáz körforgás száma, a test és a kivezetés átmérőjének aránya, a részecske átmérője, a por mennyisége és a ciklon fal simasága. A hatékonyság csökken, ha a következők növekednek: a gáz viszkozitása, a gáz sűrűsége, a hőmérséklet, a ciklon átmérője, a gáz kivezetés átmérője, a bemenő gázcsatorna szélessége és a belépő felület nagysága.

Elért környezetvédelmi előnyök

A ciklonokat sok iparágban széles körben használják, és főként a 10 μm átmérőnél nagyobb részecskék leválasztására alkalmas. A kialakítástól függően, a közepes/nagy hatékonyságú ciklonok a 10 μm -re 45–90%-os leválasztási hatékonyságot adnak, míg 1 μm -nél csak 5–30%-ot. Azért helyezik gyakran a sokkal drágább technológiák elé, hogy a gázáramból a durva anyagot eltávolítsák, és ezáltal csökkentsék a fő csökkentő berendezés por terhelését.

A ciklonok használatával kapcsolatos fő előnyök és hátrányok összefoglalása a 3.13 Táblázatban van bemutatva.

Előnyök

- alacsony beruházási és üzemeltetési költségek (a karbantartást is beleértve)
- mérsékelt nyomásesés
- kis helyigény, más technikákhoz viszonyítva
- nagy porterhelés mellett is képes üzemelni
- a gázok és a porok széles körében alkalmazható
- nagy hőmérsékleten és nyomáson is üzemeltethető
- sokféle anyagból készíthető

Hátrányok:

- alacsony leválasztási hatékonyság a kis részecskékre
- nehéz eltávolítani a könnyű vagy tú alakú anyagokat
- harmatpont környékén eltömődhet
- robbanásveszély a lobbanékony anyagoknál
- problémák léphetnek föl a koptató poroknál

3.13 Táblázat: A ciklonok fő előnyei és hátrányai

Alkalmazhatóság

Az üvegiparban ezt a technikát magában csak ritkán alkalmazzák, kivéve az ásványgyapot szektort, ahol a ciklonokat gyakran használják más, szennyezés csökkentő rendszerekkel együtt a további folyamatokból származó hulladékgázok kezelésére. Porcsökkentésre általában, a fő csökkentési rendszerbe való belépés előtt használják a ciklonokat a durva anyagok eltávolítására.

3.4.1.5 Magas hőmérsékletű szűrőeszköz

Leírás

A hagyományos szűrők egyik problémája, hogy a füstgázt a szűrőanyag üzemeltetési tartományára kell lehűteni. Ha a hőmérséklet a felső hőmérséklethatár fölé megy, akkor a szűrőt ki kell kerülni vagy a gázt le kell hűteni, pl. hígítással. A hagyományos szűrőanyagok hőmérséklet határa 120–180 °C, esetleg néhány anyagé megy föl 250 °C -ig (üvegszövet). A 180 °C fölött üzemeltethető anyagok árai jelentősen nőnek. Néhány alkalmazásnál, magas hőmérsékletű anyagot használnak, de ezek a szűrők nem normál zsákos szűrők, és többnyire a gyertyaszűrők kialakításához hasonlítanak.

A magas hőmérsékletű szűrőket sikeresen alkalmazták néhány közetgyapot kúpoló kemence kibocsátásainak csökkentésére, de vagy a magas költségek, vagy az üzem bezárás miatt jelenleg már nem használatosak. A más iparágakban legszokásosabban alkalmazott magas hőmérsékletű szűrők a kerámiaszűrők vagy a magas hőmérsékletű gyapot gyertyák, amelyek por eltávolításra szolgálnak. Ezek a szűrők alumínium-szilikát anyagokból állnak és egészen 1000 °C-ig alkalmazhatók. Jelenleg, egy olyan új típusú szűrő érhető el, amelyik a kerámia gyertya technológiáját kombinálja az NO_x eltávolítási katalizátor ággal.

Elért környezetvédelmi előnyök

A magas hőmérsékletű szűrőkre <10 mg/Nm³ porkoncentrációt közöltek. A fejlett kerámia és kerámia katalizátoros szűrőkre több, jelenlegi információ is kapcsolatos többféle szennyezőanyag eltávolítására.

A magas hőmérsékletű szűrők alkalmazásával kapcsolatos fő előnyök és hátrányok összegzése a 3.14 Táblázatban vannak.

Előnyök

- egészen 1000 °C–ig alkalmazhatók
- általában nagy savas gázállóság
- magas szűrési hatékonyság; egészen 99.9%-ig
- nem szükséges a füstgáz hőmérsékletét levegő hígítással csökkenteni
- magas hőmérsékletű hőhasznosító rendszert lehet a szűrő után (tisztított gáz) helyezni

Hátrányok:

- rideg és drága anyagok
- magas költségek karbantartáskor és károsodási javításkor
- kis kémiai állóképesség HF-re magas nedvesség tartalomnál és alacsony hőmérsékletnél.

3.14 Táblázat: Magas hőmérsékletű szűrők fő előnyei és hátrányai

3.4.1.6 Nedves mosók

Leírás

A nedves mosási rendszerek úgy a gáz, mint a részecske kibocsátások szabályozására is használhatók, noha az alkalmazásuk általában hatékonyabb a gázalakú szennyezők eltávolítására. Bár, a gáz vagy a részecske eltávolításakor az alap technológia mindkettőnél hasonló, a kialakítási feltételek nagyon különbözőek. Noha azért, hogy a beruházási költségek kisebbek legyenek, a nedves mosó rendszereket a részecskék és a gázok kevert kibocsátásának csökkentésére gyakran alkalmazzák. A berendezés elkerülhetetlenül kompromisszum, de BAT-ot képviselhet ott, ahol a különálló szabályozó rendszerek megengedhetetlenül drágák. A nedves mosó rendszerek szintén hajlamosak lehetnek az eltömődésre az oldhatatlan részecskék miatt, és szennyes zagyot bocsátanak ki. A technika részletesebben a 3.5.5.1.2 pontban van ismertetve, az ásvány gyapot nem olvasztási tevékenységeinél, főleg a szálazási területnél és a 3.4.3.4 pontban a savas gázok (SO_x, HCl, HF, bórvegyületek, stb.) eltávolítási alkalmazásainál.

Néhány alkalmazásnál, Venturi mosók is szóba jöhetnek. Ezeknek a rendszereknek nagy a nyomásesésük, és ebből következően nagy az energia felhasználásuk és az üzemeltetési költségük. Bár, jó a leválasztási hatékonyságuk - néhány alkalmazásnál - a legtöbb üveg gyártásához mérve ez azt fogja jelenteni, hogy úgy műszakilag, mint gazdaságilag nem valósíthatók meg. Mindazonáltal főleg, ha gázkibocsátásokat szükséges eltávolítani, néhány speciális műveletnél alkalmazni lehet a nedves mosóval történő porkibocsátás csökkentést.

A legtöbb üvegkemencénél, a nedves mosás nem valószínű, hogy hasznos technika vagy a legoptimálisabb technika a részecske anyagok költség hatékony csökkentésére.

Elért környezetvédelmi előnyök

A hagyományos üveg olvasztó kemencéknél lévő nedves mosórendszerek alkalmazásait érintő teljesítmény adatok nem érhetők el.

Speciális üveget gyártó elektromos kemencénél alkalmazott nedves mosó teljesítménye a 3.4.3.4 pontban van bemutatva.

A nedves mosók alkalmazásával kapcsolatos fő előnyök és hátrányok összegzése a 3.15 Táblázatban vannak.

Előnyök

- egyidejű részecske anyag és gázszennyező eltávolítás
- kisebb helyigény

Hátrányok:

- kezelendő szennyvíz képződés
- magas hatékonyság csak nagy nyomás eséssel és nagy energia felhasználással
- nehézségek és magas költségek a por/szennyiszap újrahasznosításra a keverékben.

3.15 Táblázat: Nedves mosók fő előnyei és hátrányai

Gazdasági vonatkozások

Az üveg olvasztó kemencék nedves mosó rendszerei alkalmazásával kapcsolatos beruházási és üzemeltetési költség becslés lentebb van összegezve:

- egy 100-150 t/nap E-üveget gyártó oxy-tüzelésű kemencénél a beruházást 2.65 millió EUR-ra becsülik, az éves üzemeltetési költség 286 400 EUR és a fajlagos költség 14.4-től 21.5 EUR per t olvadt üveg értékig tart, 100-tól 400 EUR per t por elhelyezési költséget alapul véve
- egy 100-150 t/nap E-üveget gyártó hagyományos levegő/gáz kemencénél a beruházást 2.96 millió EUR-ra becsülik, az éves üzemeltetési költség 300 000 EUR és a fajlagos költség 15.7-től 20.5 EUR per t olvadt üveg értékig tart, 100-tól 400 EUR per t por elhelyezési költséget alapul véve

Minta gyárak

Az üvegiparban, nagyon korlátozott számban üzemel nedves mosó, főként a háztartási üveg és a folytonos üvegrost szektorokban. Ezek:

- Bormioli Luigi, Parma. Olaszország-háztartási üveg (elektromos kemencék)
- PPG Industries Fibre Glass, Hoogezand, Hollandia-folytonos üvegrost

Referencia irodalom

[94, Beerkens-APC Evaluation 2008]

3.4.2 Nitrogénoxidok (NO_x)

[88, FEVE Proposal Ch.4-NO_x 2007]

A „nitrogénoxidok (NO_x)” kifejezés, az NO₂ ekvivalenssel kifejezett nitrogénoxidot (NO) és nitrogéndioxidot (NO₂) foglalja magába. A di-nitrogénoxid (N₂O) az üvegiparban nem szokásos szennyezőanyag, és nem értendő bele az „NO_x” kifejezésbe. Az üvegolvasztási tevékenységből származó NO_x kibocsátások három fő forrása az alapanyag, a tüzelőanyag és a termikus NO_x képződés. Egy negyedik forrás a prompt NO_x (rövid életű szénhidrogén gyökök nitrogénnel komplex úton történő reakciójából), ami viszonylag jelentéktelen.

Ha nitrátok vannak a keverék anyagaiban, akkor NO_x távozik el az anyagok megolvadásával. Általában, a nitrogén komponensek többsége NO_x-ként távozik, és nem épül bele az üvegbe. Pl. ha a nátrium-nitrát (NaNO₃) megolvad, akkor a nátrium komponens Na₂O-ként beépül az üvegbe, míg a vegyület többi része gázként távozik (NO_x, O₂ és N₂).

A tüzelőanyag NO_x-je a tüzelőanyagban lévő nitrogén és nitrogén vegyületek oxidációjából ered, de a teljes mennyisége kicsi a termikus NO_x-hez képest. Földgáztüzelésnél, a tüzelőanyag NO-ja gyakorlatilag nulla. Mindazonáltal, a földgázhoz nitrogént adagolhatnak azért, hogy szabályozzák a Wobbe indexét és a fűtőértékét. Ez az oxy-tüzelésű kemencék termális NO_x értékénél kiemelt fontosságú és a 3.4.2.5 pontnál volt tárgyalva.

Az üvegkemencékben lévő magas hőmérséklet (1650 °C és 2500 °C között van a lángban) miatt, az NO_x fő forrása az 1300 °C feletti hőmérsékletű kemence atmoszférában a termikus nitrogén oxidációjából eredő NO_x. A nitrogén fő forrása az égéslevegő, a porlasztó levegő (olajtüzelésű kemencékben), a földgáz nitrogén tartalma (oxy-tüzelőanyag tüzelés esetén) és a kemencébe beszivárgó falslevegő. A döntő anyag az NO (90–95%), amely az N₂ + O₂ → 2 NO reakcióból képződik. Az NO₂ szintje nagyon alacsony, és a kibocsátásokban kimutatott NO₂ legnagyobb része az NO atmoszférikus oxidációjából ered. A kemencében uralkodó viszonyok miatt, di-nitrogénoxid (N₂O) nincs kimutatva a kibocsátásokban.

Az elektromos fűtésű kemencékben, az NO_x csak a keverék anyagának a bomlásából származik. A közetgyapot kúpolóokban végig redukáló atmoszféra van, és emiatt az NO_x kibocsátások általában nagyon alacsonyak. Akkor is keletkezhetnek kibocsátások, ha utóégető rendszert használnak. Az ilyen rendszer célja a szénmonoxid és a hidrogénszulfid oxidálása.

A fosszilis tüzelőanyag tüzelésű kemencéknél, ha a tüzelőanyag felhasználás csökken, akkor a termikus NO_x kibocsátások is csökkennek, amennyiben az összes többi tényező is ugyanaz marad. Ezért, azok a technikák, amelyek javítják az energiateljesítmény hatékonyságát általában kisebb, kg NO_x/t olvadt üveg értékben kifejezett teljes NO_x csökkenéssel is járnak. Mindazonáltal, a kibocsátások koncentrációja nem mindig csökken főleg akkor, ha a füstgáz térfogata is kisebb lesz. A termikus NO_x csökkentése több tényező kombinációjának az eredménye, de főként az alacsonyabb hőmérséklet és a lecsökkentett égéslevegő. Azok a technikák, amelyek az NO_x kibocsátásokat is csökkentik, de az energia felhasználás csökkentésére koncentrálnak elsősorban, a 3.8 pontban kerülnek majd leírásra, nem pedig itt.

3.4.2.1 A tüzelés módosításai

A termikus NO_x képződést kémiai reakciók sorozata határozza meg és kvalitatív leírását az alábbi képlet mutatja.

$$\frac{d[NO_x]}{dt} = \frac{A}{T^{0.5}} \exp\left(-\frac{B}{T}\right) \times [N_2] \times [O_2]^{0.5}$$

Az A és B tényezők arány konstansok (m³/gmol-ok), T a lánghőmérséklet (K) és t pedig, a T hőmérsékleten való tartózkodási idő (sec). Az összes gáznál (NO_x, N₂, O₂), az egyenlet a koncentrációkra vonatkozik (gmol/m³).

Az NO_x képződést érintő főbb tényezők ezért a lánghőmérséklet, a reakció zóna oxigén tartalma és a láng magas hőmérsékletű zónájában való tartózkodási idő. Az elsődleges NO_x szabályozási intézkedések arra irányulnak, hogy minél kedvezőtlenebb feltételek legyenek az NO_x képződéséhez, pl. magas hőmérsékleten ne legyen egyidejűleg jelen a nitrogén és az oxigén. A termikus NO_x minimalizálásának fő technikái alább vannak összefoglalva.

a) Csökkentett levegő : tüzelőanyag arány

A kemencébe, főleg az égőfúvókák körül és a keverékadagolón keresztül, beszivárgó falslevegő vezethet az NO_x szint növekedéséhez. Az égőkövet viszonylag könnyű tömíteni, és a keverékadagoló területén jelentkező falslevegő beáramlások ellen is lehet intézkedéseket tenni. Ezek az intézkedések viszonylag olcsók és elég hatékonyak. Az NO_x csökkentés akár a kiindulási érték 10 %-át is elérheti.

A tökéletes égés biztosításához a kemence általában 5-10% légfeslelleggel üzemel (vagyis 1-2% oxigén felesleggel). A levegő/tüzelőanyag arány a sztöchiometrikushoz közeli szintre való

csökkentésével jelentős NO_x csökkentés érhető el, és a technika jelentős energia megtakarításhoz is vezet; bár egy kis légfelesleg normálisan azért szükséges, hogy a keverékből jelentős mennyiségű derítőszer távozása elkerülhető legyen és az üveg minősége is biztosítva legyen. Ahhoz, hogy a technika hatékonyan kerüljön bevezetésre, a füstgáz NO , CO és O_2 szintjét folyamatosan ellenőrizni kell. Ha az égés szubsztöchiometrikus, akkor a szénmonoxid szint és a tüzállóanyag elhasználódása megnőhet, és az üveg redox szintje megváltozhat, ami hatással van az üveg minőségére.

Tüzelőolajat alkalmazó tüzelésnél, a kemence levegő mennyisége tovább csökkenthető földgáz használatával, vagy ha nagy nyomást vagy gőzt alkalmaznak az olaj porlasztására. Ez csökkenti az oxigén mennyiségét, ami csökkenti a láng csúcshőmérsékletét. E kevert technika eredményei néha nagyon kevés előnnyel járnak.

A problémák elkerülése, és a legjobb eredmények elérése érdekében e változtatás típust csak óvatosan és fokozatosan lehet bevezetni. Néhány esetben (pl. rekuperátoros kemencék), ha a kemencét, mint sztöchiometrikus egységet kezeljük, akkor a kemence legmelegebb részein lévő égőket tüzelőanyag felesleggel, míg a leghidegebb részein lévő égőket pedig kicsi légfelesleggel lehetne üzemeltetni. Összességében az arány, a sztöchiometrikushoz közeli lenne.

b) Csökkentett égéslevegő hőmérséklet

A lánghőmérséklet csökkenthető az égéslevegő előmelegítési hőmérsékletének csökkentésével. Pl. a rekuperátoros kemencékben az égéslevegő hőmérséklete jelentősen alacsonyabb, mint a regenerátoros kemencékben lévőké, ami alacsonyabb lánghőmérsékletet és NO_x koncentrációt eredményez. Bár, az alacsonyabb előmelegítési hőfok alacsonyabb kemence hatékonysággal (alacsonyabb fajlagos kihozatal), alacsonyabb tüzelőanyag hatékonysággal, ami így nagyobb tüzelőanyag igénnyel jár, és NO_x -ból, CO_2 -ből, kénoxidokból, részecskékből, stb. potenciálisan nagyobb kibocsátással (kg/t olvadt üveg). Így összességében, ez a technika nem valószínű, hogy környezetvédelmi vagy gazdasági előnyökkel bír.

c) Többlépcsős tüzelés

Ha, a tüzelőanyag és a levegő/oxigén egy helyre van beinjektálva az égőben, akkor az égőszáj közelében egy primer, forró oxidációs zóna és távolabb egy hidegebb, szekunder zóna alakul ki. Az NO_x zöme a legmelegebb részen képződik. Ezért, az égőnél vagy a levegő, vagy a tüzelőanyag beinjektált mennyiségével, az arány csökkentésével a maximum hőmérséklet és az NO_x képződés lecsökken. A fennmaradó tüzelőanyag vagy levegő később kerül beadagolásra a tüzelési zónába. Ezen elvnek az alkalmazása adja a többlépcsős tüzelés alapját: többlépcsős levegő beadagolás mindkét esete vagy többlépcsős tüzelőanyag beadagolás.

A **többlépcsős levegő beadagolás** először a szubsztöchiometrikus tüzelést, majd a tökéletes égéshez szükséges fennmaradó levegő vagy oxigén kemencébe történő beadagolását foglalja magába. Sok módja van a levegő vagy oxigén többlépcsős beadagolásának. A forró levegő többlépcsős beadagolásának első tapasztalatai problémákat mutattak. A többlépcsős levegő befúvási (BAS) és a többlépcsős oxigénnel dúsított levegő befúvási (OEAS) technikákat az USA-ban fejlesztették ki.

Nincs tudomásunk arról, hogy ezt az eljárást jelenleg alkalmazzák.

A **többlépcsős tüzelőanyag beadagolás** a következő elven alapul: egy kis impulzusú gázlángot (kb. a teljes energia 10%-a) hoznak létre az égőnyakban. Ez a szekunder láng fogja körülfedni a primer láng kezdetét, lecsökkentve ez által a primer láng oxigén tartalmát és

maghőmérsékletét. Így az NO_x képződés lecsökken. Ez a technika az üvegyiparban széles körben alkalmazott, és megszokott a legtöbb hagyományos kemencénél. E dokumentum megírásakor további fejlemény nem volt várható e módszernél.

d) Füstgáz visszavezetés

A kemence füstgázait vissza lehet injektálni a lángba azért, hogy az oxigén tartalma lecsökkenjen és emiatt a hőmérséklete is, és az NO_x képzése is. E technika üvegyiparban történő alkalmazásánál fellépő nehézségeket teljes mértékben feltárták. A füstgáz belső visszavezetés technológiájának egy újító alkalmazása („lángmentes tüzelés”-nek vagy „lángmentes oxidáció”-nak nevezve) már 2007 óta üzemel egy speciális üveget (fényforrás) gyártó rekuperációs kemencén, az Osram augsburgi gyárában, Németországban. Az alkalmazott rendszer a speciális 'Glass-FLOX[®]' technológiájú égők használatán alapul, a füstgáz automatikus visszavezetésével; a füstgáz visszavezetés közvetlenül az égőkamrába történik; a füstgázokat a FLOX[®] lángok hígítására használják. Az alkalmazás, a kezdeti értékhez mért 46-59%-os értékű NO_x kibocsátás csökkentő hatékonyságot mutat. Ez a technika még kialakulóban van.

e) Alacsony NO_x égők

Ez a kifejezés azokat a sajátosan az üvegyárak részére kifejlesztett égőrendszereket takarja, amelyek minimalizálják az NO_x képződést. Ezek a rendszerek elveikben és a beépíthetőségi kialakításaikban eltérhetnek, beleértve a fentebb már ismertetetteket, és a még lentebb listázottakat is. A gáztüzelésű rendszerek az olajtüzelésűektől valamilyen módon eltérnek. Az alacsony NO_x égőrendszerek fő jellemzői:

- a tüzelőanyag és a levegő lassabb összekeverése azért, hogy csökkenjen a láng csúcshőmérséklete (lángalakítás)
- a tökéletes égéshez elegendően alacsony beinjektálási sebességek
- a láng (sugárzási) emissziójának növelése, optimalizálva a hőátadást az üvegolvadáknak. Így, egy alacsonyabb hőmérséklet is tudja biztosítani az üvegolvadáshoz szükséges energiát, a nagy láng sugárzás miatt (hatékony hőemisszió)
- a különböző fúvókák és fúvóka kialakítások többszörös tüzelőanyag sugarakat képesek kialakítani égőnként; néhány sugarat más tüzelőanyag sugarak védenek a levegőtől, ami által korom képződik javítva a hőátadást és hűtve a lángot, ebből következően csökkentve az NO_x képződést. Lehetséges problémát jelenthet az üveg minőségére a korom képződés.
- minimális levegő/tüzelőanyag aránnyal végzett teljes tüzelés.

f) Tüzelőanyag kiválasztás

Az üvegyipari általános tapasztalata, hogy a gáztüzelésű kemencék magasabb NO_x kibocsátásokat adnak, mint az olajtüzelésűek. Különbségek tág határok között változhatnak a kemence típusától és az alkalmazásoktól függően, de nem meglepő a 25–40%-os eltérés sem a gáztüzelésű és az olajtüzelésű üzemeltetés között. Ennek a fő oka, hogy a gázlángok kisebb hősugárzást adnak, mint a tüzelőolaj lángok, emiatt az üvegolvadáknak átadott ugyanannyi hőmennyiséghez magasabb lánghőmérséklet szükséges és így kedvezőbbek a feltételek az NO_x képződésre. Mindazonáltal, ahogy az ipar egyre több gyakorlatot szerzett a gáztüzelésben, valamint a kemence kialakítások is megváltoztak, úgy csökkent a különbség a két tüzelőanyag NO_x kibocsátásaiban és a tüzelőanyag követelményekben. Néhány alkalmazásban (pl. csomagoló üveg), a gáztüzelésű kemencék tüzelőanyag hatékonysága és NO_x kibocsátása rohamosan közelít az olajtüzelésűekhez, a megfelelő lángszabályozásnak köszönhetően. Bár, a kemence és az égő kialakítása erősen befolyásolja a tüzelőolaj és a földgáz energiahatékonysági eredményeinek az összehasonlítását.

Tovább menve, a földgáz egy részének lecserélésekor a kevert olaj-gáz tüzelés megtartja az olajláng előnyös sugárzási tulajdonságait, és néhány szektorban növekszik az alkalmazása.

Amint ismertette lett, a földgáz nitrogén tartalma elhanyagolható, de ez régióról régióra változhat, ami az NO_x -re hatással van. Esetenként, a nitrogént szándékosan is a földgázhoz adagolják, hogy biztonsági okokból szabályozzák a kalóriaértékét és Wobbe indexét, amelyet állandó értéken kell tartani a háztartási használatoknál. Ez a gyakorlat Hollandiában, a saját földgáz gázhálózaton, a gázösszetétel 11-14%-a nitrogén. Például, az Egyesült Királyságban az országos hálózat egyes pontjaitól függően, a szolgáltatott gázban a nitrogén koncentrációja 0.1 és 5.7% között változhat, és ugyanez a helyzet más Tagországok esetében is, pl. Portugália, Olaszország, stb.. Ez a nitrogénforrás az oxy-tüzelőanyag tüzelésű kemencék NO_x kibocsátásaira kimondottan jelentős hatással lesz.

A gáz és a tüzelőolaj közötti választás nagyban függ a Tagországok érvényes gazdasági feltételeitől és energia politikájától. Az ellátás biztonsági kérdéseitől függően, a megbízhatóan elérhető tüzelőanyag földrajzilag és időszakosan is változhat. Egy példaként, Portugáliában a földgáz a használatos tüzelőanyag és csak nagyon kevés elektromos áramot használnak.

Elért környezetvédelmi előnyök

Azokat a jelentős kibocsátás csökkentéseket, amelyeket a tüzelés módosítási technikákkal el lehet érni, az egyes technikák leírásainál már megadtuk.

Ezen technikák hatásai nem adódnak össze, mivel általában különböző módon érik el ugyanazokat a célokat. Ezért, az egyik technikánál adódó 10%-os csökkentést nem lehet csak egyszerűen hozzáadni egy másik technikából származó 10%-hoz.

Az optimalizált tüzelési rendszer teljes kibocsátás csökkentése széles tartományban változik, a 10%-nál kisebbtől a nagyobb, mint 70%-ig. Azoknál a kemencéknél, ahol egyáltalán nem, vagy csak keveset alkalmaztak ezekből a technikákból, ott a legtöbb alkalmazásnál 40–60%-os NO_x kibocsátás csökkentést lehet elvárni.

Az ezekkel a technikákkal elérhető jelenlegi kibocsátási szintek feltehetőleg változni fognak a kiindulási ponttól, a kemence korától és kialakításától és főleg attól függően, hogy milyen szigorúan alkalmazzák és felügyelik őket. Akár nagy eredmények is elérhetők viszonylag egyszerű intézkedésekkel, ha azokat helyesen alkalmazzák. Az elmúlt tíz évben, az üvegipar lényeges haladást ért el az NO_x kibocsátások képződésének minimalizálásában a tüzelés megváltoztatása révén és sok erőforrást fordított erre a munkára.

Lásd a minta létesítményekkel kapcsolatos adatokat, amelyek a 3.17 táblázatban vannak megadva.

Környezeti elemek keresztthatások

A leírt technikák legtöbbjével kapcsolatos fő keresztthatás a szénmonoxid (CO) lehetséges kibocsátása, a kemence helyi szubsztöchiometrikus tüzelése miatt, ami az olyan rekuperátoroknál és regenerátoroknál lehetséges problémákkal jár, ahol többnyire a CO CO_2 -vé lett oxidálva.

Esetenként, a tüzelés a regenerátorok felső részén fejeződhet be olyan hőmérséklet emelkedést okozva, ami magasabb SO_x kibocsátásokat ad a regenerátorok felületére lerakódott szulfát képződmények elpárolgása/bomlása miatt.

A helyi redukáló körülmények szintén felelősek lehetnek az üvegolvadékból történő megnövekedett elpárolgásért (magasabb részecske kibocsátások). Továbbá, a tisztulási folyamat hatékonyságának a csökkenése is bekövetkezhet akkor, ha a keverékben használt szulfátok idő előtt elbomlanak és magasabb szintű SO_x kibocsátások lesznek.

A földgázról az olajra történő csere, bár javítja a láng sugárzását és csökkenti az NO_x kibocsátásokat, de jelentős SO_x kibocsátás növekedéshez vezet a tüzelőolaj kéntartalma miatt.

Üzemeltetési adatok

Az U-lángú regeneratív kemencék általában kevesebb NO_x kibocsátásokat adnak, mint a keresztüzelésű kemencék (lásd a 3.2 pontot), és az e pontban leírt technikák általában sikeresebbek az U-lángú kemencékre. A csomagoló üveg szektorban, $700\text{--}1000 \text{ mg/Nm}^3$ és $0.9\text{--}2 \text{ kg/t}$ üveg kibocsátási szint érhető el a keresztüzelésű kemencékre. Az U-lángú kemencéknél elért $550\text{--}800 \text{ mg/Nm}^3$ koncentráció érték és a kevesebb, mint 1.5 kg/t üveg érték. Bizonyos alkalmazásoknál, a közzétett számokból csak néhány van ezen szintek alatt.

A rekuperatív kemencék eredményei jobban változnak, mivel ezeket a kemencéket változatosabban használják. A regeneratív kemencékhez hasonlított eredményeket (vagy annál néha alacsonyabbat) a csomagoló üveg és a folyamatos üvegrost rekuperatív kemencéknél érték el, de az üvegyapot gyártásnál kisebb sikereket is elértek.

Általában, a levegő/tüzelőanyag tüzelésű üveg kemencék tüzelés módosítási technikák alkalmazásaival kapcsolatos szénmonoxid kibocsátásait (a kéményben mérve) a 100 mg/Nm^3 érték alá várják.

Egy alacsony kéntartalmú tüzelőolajjal üzemelő, 650 t/nap kapacitású float üveg kemencére 38 mg/Nm^3 éves átlagértékű (0.107 kg/t olvadt üveg) CO kibocsátásokat közöltek. A vonatkozó NO_x kibocsátási átlagérték 733 mg/Nm^3 (2.07 kg/t olvadt üveg). Úgy a CO, mint az NO_x kibocsátási koncentrációk folyamatos mérésre vonatkoznak.

Egy földgázzal és kevert tüzelőanyagú olaj/gáz tüzeléssel üzemelő, csomagoló üveget gyártó, 400 t/nap kapacitású rekuperatív olvasztó kemencére, 30 mg/Nm^3 éves átlagértékű CO kibocsátásokat közöltek. A kemence low- NO_x égőket alkalmaz, elérve a kb. 500 mg/Nm^3 (1 kg/t) NO_x kibocsátási értéket. Úgy a CO, mint az NO_x kibocsátási koncentrációk egyedi mérések eredményei. [165, France 2010]

Az üveg fritt szektorban alkalmazott elsődleges technikáknál nem lehet ugyanilyen eredményeket remélni, mint más szektorokban, a kisméretű kemencék sajátos jellemzői miatt, amelyek normálisan oxidáló feltételekkel üzemelnek (légfelesleggel a tüzeléshez, oxigén dúsítás), és sok olyan keverék összeállítással, amelyekben jelentős mennyiségű nitrát van.

A tüzelés módosításaival kapcsolatos fő előnyök és hátrányok összefoglalása a 3.16 Táblázatban van bemutatva.

Előnyök

- viszonylag alacsony költségek
- lényeges NO_x kibocsátás csökkentések érhetők el a legtöbb kemence típusnál
- alkalmazható új és meglévő kemencékre (bár néha csak felújításkor)
- ezek a technikák gyakran eredményezhetnek jelentős energia megtakarításokat
- az alacsonyabb kemence hőmérséklet és energiafelhasználás gyakran alacsonyabb teljes kibocsátásokat is eredményeznek

Hátrányok:

- nagy gyakorlatot igényel a legjobb eredmények elérése (úgy felfűtésekor, mint normál üzemeltetésnél)
- a legjobb eredmények elérése a kemence kialakítás módosítását igényelheti
- az üveg minőségi problémáinak elkerülésére figyelembe kell venni a redox állapot megváltozását
- a CO szintet ellenőrizni kell a tűzállóanyag károsodás elkerülésére. Továbbá, a CO szintet ellenőrizni kell az üvegolvadék túlzott kipárolgására és a keverék szőnyegben lévő szulfátok korai elbomlásának megelőzésére.
- a redukálóból atmoszféra növelheti az SO₂ kibocsátásokat a fokozott kipárolgási és elbomlási jelenségek miatt.

3.16 Táblázat: A csomagoló üveg szektorban bizonyos alkalmazásoknál használt elsődleges technikákkal rövid távon elért NO_x kibocsátási szintek

Néhány példa az olvasztó kemence tüzelés módosítások alkalmazásával kapcsolatos NO_x kibocsátási szintekre van bemutatva a 3.17 Táblázatban.

	Csomagoló üveg ⁽¹⁾	Csomagoló üveg ⁽²⁾	Síküveg ⁽²⁾	Síküveg ⁽²⁾	Háztartási üveg ⁽¹⁾
Tüzelőanyag	Földgáz	Földgáz + tüzelőolaj	Tüzelőolaj	Földgáz + tüzelőolaj	Tüzelőolaj
Kemence típus	Kereszttüzelésű, regeneratív	U-lángú, regeneratív	Kereszttüzelésű, regeneratív	Kereszttüzelésű, regeneratív	U-lángú, regeneratív
Teljes olv. kapacitás	350 t/nap	300 t/nap	350 t/nap	800 t/nap	125 t/nap
Jelenlegi kizozatal	275 t/nap	297 t/nap	259 t/nap	700 t/nap	110 t/nap
Elektromos pótfűtés	Nem	Igen	Igen	Igen	Nem
Üvegtípus	Flint	Barna	Öntött üveg	Float üveg	Nem specifikált
Cserép	60%	72%	30%	35%	40%
Elsődleges intézkedés típusa	Tüzelőanyag/levegő arány csökkentés; tapasztás; kemence kialakítás; égő módosítások	Tüzelőanyag/levegő arány csökkentés; tapasztás; lambda beállítás; kemence kialakítás; égő módosítások	Tüzelőanyag/levegő arány csökkentés; tapasztás; lambda beállítás; kemence kialakítás; égő módosítások	Tüzelőanyag/levegő arány csökkentés; tapasztás; lambda beállítás; kemence kialakítás; égő módosítások	Tapasztás; lambda beállítás
Fajlagos energia felhasználás	3.78 GJ/kg üveg	4.21 GJ/kg üveg	5.71 GJ/kg üveg	5.20 GJ/kg üveg	4.97 GJ/kg üveg
Kapcsolódó kibocsátási szintek (NO_x kibocsátások)					
mg/Nm ³ száraz, 8% O ₂	909	507	780	750	827
kg/t olvadt	1.42	0.82	1.89	1.54	1.71
(1) A kemence egy keverék és cserép előmelegítővel van felszerelve.					
(2) A kemence egy hőcserélő rendszerrel van felszerelve.					

3.17 Táblázat: A tüzelés módosításaival kapcsolatos NO_x kibocsátási szintek példái

Alkalmazhatóság

Elvileg (és a fentebb tett korlátozó megállapításoknak megfelelően), ezeket a technikákat az összes hagyományos fosszilis tüzelőanyag tüzelésű kemencénél alkalmazni lehet. A legtöbb technikát úgy a meglévő, mint az új kemencéknél használni lehet. Mindazonáltal, néhány technika előnyeit (pl. alacsony NO_x égők) csak akkor lehet teljesen kiaknázni, ha a kemence kialakítás és geometria optimumával kombinálják őket, amelyek csak egy új kemencénél érhetők el.

E technikákkal elért siker is függ az üzemeltető gyakorlatának és tudományos felkészültségének a fokától. A rendszerek optimalizálása egy hosszabb fokozatos kísérletezési és felügyeleti időszakot igényel, és a műszaki gyakorlat és tapasztalat magas szintjét. Azon üzemeltetőknél, amelyek nincsenek birtokában ezen képességeknek, a kemence tüzelés módosításaira és optimalizálására tanácsadó specialisták ajánlanak szolgáltatásokat. Természetesen, ez a fejlesztési munka hozzáadódik a technikák költségeihez.

Annak a foka, amihez ezeket a technikákat alkalmazni lehet, szintén változni fog a terméktől és a folyamat követelményektől függően. Például, néhány háztartási vagy csomagoló üvegterméknél (luxus üvegcsék vagy csomagolás) a termék minőség egy nagyon oxidált, rendkívül tiszta üveg igénye felé megy el. Ez magával vonja a nagyobb tartózkodási időt, magasabb hőmérsékletet és oxidálószerkezetek használatát, vagyis minden olyat, ami hozzájárul a nagyobb NO_x kibocsátásokhoz és korlátozza a fent leírt technikák némelyikének az alkalmazását. Ezt a példát még a 3.4.2.2 pontban lentebb megtárgyaljuk.

Az összes üvegszektorra vonatkozó tendencia, hogy ahol lehetséges, ott e technikák alkalmazásának a kiterjesztése folyamatosan javítsa a folyamatot, és próbálja meghatározni azokat a kibocsátási szinteket, amelyeket a jövőben majd az elsődleges technikákkal el lehet várni.

Gazdasági vonatkozások

A költségek magukba foglalják a beállítható égők beszerzését, a drágább tűzálló anyagokat a regenerátorokhoz, az oxigén érzékelőket (a kereszttüzelésű kemencék több oxigén érzékelőt és egy komplexebb szabályozó rendszert igényelnek, mint az U-lángú regeneratív kemencék), egy levegő-tüzelőanyag arányszabályozó egységet, a karbantartást és azt a munkaerőt, amelyik módosítja és ellenőrzi az égőbeállításokat.

Az égő változtatások és kicserélésük az égőkövekben jellemzően 50 000 EUR-tól 100 000 EUR-ig terjedő költséggel járnak az U-lángú kemencéknél, és 300 000 EUR-tól 400 000 EUR-ig a kereszttüzelésű kemencéknél.

Oxigénérzékelő rendszer: 20 000 EUR-tól 25 000 EUR-ig U-lángúnál, 60 000 EUR-tól 125 000 EUR-ig becsült jellemzően a keresztlángúnál. [94, Beerkens – APC Evaluation 2008].

A kemence kialakítás megváltoztatása esetén, a tűzállóanyagokra és az acél szerkezetre extra beruházási költségeket kell figyelembe venni és ez a float üveg kemencéknél 2 millió EUR-t tehet ki és 700 000 EUR-t az U-lángú csomagoló üveg kemencéknél.

A tüzelés módosítások költségei viszonylag alacsonyak és ezeket néha az energia megtakarításokból származó alacsonyabb üzemeltetési költségek ellensúlyozhatják. Az égők költségei csere költségeket jelentenek, nem pedig többlet költségeket és egy új kemencénél az extra költségek nagyon alacsonyak lennének. A többletcsős levegő beadagolási rendszer lényegesen drágább lenne.

Általában, az összetétel optimalizálásával kombinált ezen elsődleges technikák jóval olcsóbbak, mint a másodlagos csökkentési technikák.

Alkalmazási hajtóerő

Az NO_x kibocsátások csökkentés elsődleges intézkedéseinek bevezetése és javítása azon az elven alapul, hogy az NO_x képződés elkerülésére tett intézkedések általában jobb teljes környezeti hatással bírnak, mint a folyamat-végi technikák, beleértve egy kedvezőbb gazdasági hatást és egy energia megtakarítási lehetőséget, az ebből eredő más szennyezők csökkentését is, pl. CO₂. Amíg műszakilag megvalósítható, hogy ugyanazon a kemencén úgy elsődleges, mint másodlagos intézkedéseket vezessenek be, el kell végezni egy teljes gazdasági és kereszthatás becslést, hogy ezek környezetileg és gazdaságilag igazoltak-e. Főleg, ha elsődleges intézkedésekkel már elérték vagy előrelátható, hogy el fognak érni egy meghatározott szintet a kibocsátásokra, a döntést meg kell hozni az igazolható másodlagos intézkedések további költségeire, tekintetbe véve először azt, ami ezekkel az elsődleges intézkedésekkel elérhető.

Minta gyárak

2005-ben, a csomagoló üveg szektorban több, mint 76 kemence alkalmazott elsődleges technikákat. Más szektorok is sikeresen használnak ezekből a technikákból egyet vagy többet is. Európában és az USA-ban is sok kemencén alkalmaznak beállítható égőket és oxigénérzékelőket, hogy a tüzelési folyamatot (levegő–tüzelőanyag arány) szabályozzák. Ez vonatkozik a csomagoló üveg, a háztartási üveg, a float üveg és a speciális üveg szektorokra.

Referencia irodalom

[tm32 Beerkens][33, Beerkens 1999] [64, FEVE 2007] [94, Beerkens - APC Evaluation 2008] [88, FEVE Proposal Ch.4-NO_x 2007], [117, GWI, VDI-Berichte Nr. 1988 2007], 118, CTCV Data for BREF revision 2007]

3.4.2.2 Keverék összetétel

A nitrátokat az üvegiparban oxidálószerként használják. A nátrium-nitrát (NaNO₃) a messze a leggyakrabban alkalmazott nitrát, de néhány speciális üvegben kálium vagy bárium-nitrátot is használnak. A nátrium-nitrátot gyakran alkalmazzák olyan derítőszerrel együtt, amelyek oxidációt igényelnek (pl. As₂O₃, Sb₂O₃, CeO₂) vagy a legoxidáltabb állapotuk megőrzését, mielőtt a tisztulási folyamat elkezdődik (oxigéngáz szabadul fel az olvadékból). Így bár a nátrium-nitrát a tisztulási folyamatban közvetetten részt vesz, de a legtöbb alkalmazásnál előnyösebb lenne a nátrium-szulfát használata. Az olvasztási folyamat során, a nitrátok NO, NO₂, N₂ és O₂ formájában disszociálnak. Az O₂-t azért alkalmazzák, hogy oxidálja az olvadékot (főleg a vas Fe²⁺-t Fe³⁺-ra) és ezáltal nagy tisztaságú üveg képződjön valamint, hogy bármilyen, a keverékben lévő szerves komponenst is oxidálja.

A különböző üvegszektorokban a nitrátok alkalmazása nagyon változó. A float üveg és a csomagoló üveg szektorokban ritkán használatosak, hacsak nem gyártanak magas minőségű (luxus palackok vagy parfümös és kozmetikai üvegek) színtelen vagy erősen színezett üveget, vagyis szürke vagy bronz üveget. A nitrátokat a háztartási üvegszektorban alkalmazzák néhány olyan, magas minőségű termékhez, amelyek nagy optikai tisztaságot igényelnek és így alacsony Fe²⁺ szintet. A nitrátokat széleskörűen használják a speciális üvegszektorban a TV (katód sugár csövek), a boroszilikát, a kerámiai és optikai üvegeknél és a fritt szektorban.

A nagyon oxidált üvegeket gyártó elektromos kemencék vagy, ahol szerves vegyületeket tartalmazó alapanyagokat olvasztanak meg, szintén igényelhetnek nitrátokat oxidálószerként.

Az üvegyapottgyártásban a nitrátokat gyakran alkalmazzák azért, hogy kompenzálják a keverékben lévő szerves anyagok kiégetésére felhasznált oxigént főleg, ha magas az újrahasznosított üvegmennyisége a keverék összetételében. A fritt gyártásban, sok termék keverékében használják a nitrátokat azért, hogy a szükséges jellemzőket elérjék. Összességében, az EU üvegtermelésének 7-9%-ra tehető az a rész, amelyik jelentős mennyiségű nitrátot használ.

A nitrátok bevitelének jellemző mennyisége 0.5–1% körül van, azaz 5–10 kg NaNO_3 per t üveg. Néhány folyamatnál, pl. TV üveg vagy frittek, ez fölmehet 4%-ra, vagy attól is magasabbra. Az olvasztás során a fő kibocsátott gázok, az NO és az O_2 és csak csekély szinten az N_2 és az NO_2 . A keverékben lévő 1%-os nitrát bevitelnél a maximális NO_x kibocsátás 5.4 kg/t üveg. Ez az érték közelítőleg megfelel a 2200 mg/Nm^3 értéknek 8% O_2 -nél, pl. egy tipikus háztartási üveg kemencére. A nitrátokból származó aktuális NO_x kibocsátások 30-tól maximum 80%-ig változnak, de az ipari feltételek közötti jellemző érték 50–65% körül van (bár általában, a teljes tartomány szélső értékei a gyakoriak).

A nitrátokból kibocsátott NO mennyisége a felfűtés sebességétől, a keverék redox állapotától és a nitrátokat tartalmazó keverékszönyeggel érintkező redukáló gázok (redukáló lángok) hatásától függ.

A nitrátok hatékony alternatívái csak korlátozott számban jöhetnek szóba környezetvédelmi és gazdaságossági vonatkozások miatt. Például, szulfátokat is lehet használni, csak sokkal nagyobb – több, mint háromszor – a szükséges mennyiség, és SO_2 is képződik. Az arzénoxidok szintén alkalmazhatók, de gyakorlatilag ezekkel felhagytak mindenhol környezetvédelmi okokból. A cérium oxidot is használják néhány esetben, de sokszor drágább a nátrium-nitrátnál. Néhány eljárás módosítás a nitrát szükségletet szintén tudja csökkenteni, ám ezek általában minőségi megfontolások, energia szükséglet, átmeneti korlátozások vagy termikus NO_x képződés miatt akadályba ütköznek.

Következésképpen, az iparág jelenlegi véleménye, hogy a nitrát szinteket kísérletezéssel a termékkel és az olvasztási követelményekkel arányos minimumra lehet csökkenteni, de gazdasági és környezetvédelmi okokból hatékony alternatíva jelenleg még nem áll rendelkezésre.

Sok Tagországban, a jogszabályok megengedik az üvegekhez szükséges nitrát bevitelből származó normál NO_x kibocsátási határértékek kétszeresét. Ez a megközelítés általában nem tekinthető a 2008/1/EC Direktíva céljaival összhangban lévőnek. Ez nem enged meg pótlólagos nagy nitrát bevitelt és a nitrát felhasználás minimalizálására is egy kis ösztönzést nyújt. Továbbá, az eljárásoknál a nitrátok csak a kisebb mennyiségeket adják, a kibocsátási határértékek kétszerese elfedheti a magas termikus NO_x kibocsátásokat és a tüzelés feltételeinek optimalizálására irányuló ösztönzést is csökkentheti.

A nitrátok beadagolása nem tekinthető úgy, mint az olvasztási folyamat egy elszigetelt jellemzője. Általában, azok az üvegek, amelyekhez nitrát szükséges, a használatukhoz kapcsolódó más speciális korlátokkal rendelkeznek. Például, a mész-nátronüvegek olvasztási folyamata a háztartási üveg vagy a luxus csomagoló üveg (parfüm) esetén eltér a csomagoló üveg termeléstől nem csak a nitrát használat miatt, de még a: tartózkodási idő (legalább 50%-al hosszabb); az olvadási és a kemence sokkal nagyobb oxidációs feltételeinek követelményei és a magasabb üveghőmérséklet (50 és 100 °C -al magasabb) miatt is. Ezeknek a dolgoknak

az összessége hozzájárul a magasabb NO_x kibocsátások per üvegtermelés egység értékhez, és kétszer-háromszor nagyobb lehet, mint a csomagolóüveg U-lángú regeneratív kemencéinél.

A nitrát beadagolás csökkentési módszereinek költségeit és az elérhető kibocsátási szinteket nagyon nehéz számszerűsíteni, mivel nagyban függenek a kiindulási ponttól és nagyon eset specifikusak.

3.4.2.3 Speciális kemence kialakítások

Az NO_x kibocsátások feletti aggodalom arra juttatott néhány kemencetervezőt, hogy olyan rekuperatív típusú kemencéket ajánljanak, amelyek integrálják azokat a különböző megoldásokat, amelyekkel feltehetőleg alacsonyabb lánghőmérsékletek érhetők el, és így alacsonyabb NO_x szintek. A legismertebb ilyen típusú kemence a LoNOx[®] olvasztó. A másik pedig a Flex[®] olvasztó, amelyet eredetileg szakaszos alkalmazásra szántak, de a megépített kemencék legtöbbször eddig folyamatosan üzemeltetnek. A Flex[®] olvasztó hasonló NO_x kibocsátásokat ad, mint a LoNOx[®] olvasztó. Egy rövid leírás a Flex[®] olvasztóról a 2.3.7 pontban van megadva, így itt csak a LoNOx[®] olvasztó részletes megtárgyalására kerül sor.

Az NO_x kibocsátások csökkentésére a regeneratív kemencék kialakítását is lehet módosítani (magasabb boltozat, nagyobb égőszáj, módosított égő szögek, stb.). Mindazonáltal ezekről az alkalmazásokról nem állnak rendelkezésre részletes információk. Általában, az NO_x képződésre/korlátozásra vonatkozó kemence kialakítás tekintetében a fontos tényezők az alábbiak:

- égők típusa
- üzemeltetett égők száma
- égők szöge
- égőszáj szöge
- égőszáj mérete (amely meghatározza az égőkamrába belépő levegő sebességét)
- égő/égőszáj és az olvadék közötti távolság
- égőkamra magassága és mérete (általában, az alacsonyabb NO_x kibocsátásokkal és az üveg kemence enyhén megnövekedett energia felhasználásával kapcsolatos megnövelt méretek).
- az égőkamrával arányos láng geometria

Leírás

A LoNOx[®] olvasztó egy kismélységű derítő kádnak és az alapanyag előmelegítésének a kombinációja azért, hogy az NO_x szint csökkenjen, de a termikus teljesítmény ne.

Az égéslevegőt rekuperátor melegíti elő és a regeneratív kemencékhez viszonyított alacsonyabb égéslevegő előmelegítést a két lépcsős alapanyag előmelegítés kompenzálja. A fő égőkből származó füstgázokat a kemence extenzív előolvasztó zónájába beadagolt alapanyagok felett vezetik át, még a rekuperátorok előtt. A rekuperátorokból kilépő füstgázokat pedig egy idegen cserép előmelegítőbe, mielőtt azok végleg elhagyják a rendszert.

A kismélységű derítő kád a fontos, fő üvegáramlást az üvegek felszínének a közelébe kényszeríti, így csökken az üvegáram és a kemence felépítmény hőmérséklete közötti különbség. Emiatt a kemence alacsonyabb hőmérsékleten üzemeltethető, mint egy hasonló hagyományos kemence.

A LoNOx[®] olvasztó jellemzője, hogy hosszú, keskeny és három részből áll. Az első rész a keverék és a cserép előmelegítésére majd előolvasztására szolgál. Ezt követi a tisztuló tér, ahol az üvegmélység lecsökken 400 mm-re (vagy kisebbre). Egy mély tisztító rész a kád befejezése.

Az olvasztási zóna és főleg a tisztulási terület fűtését gáz vagy olajégők adják. A kemence első részében, a füstgázok a keverék és a cserép teteje felett távoznak el, ebből következően felmelegítik az anyagokat. A kemence belső falakkal van elválasztva azért, hogy a kemencébe belépő alapanyagok ne közvetlenül melegedjenek fel a kemence forróbb részeinek a sugárzásától. Ezért nagy hőmérséklet különbség áll elő az alapanyagok és a gázok között, és ez hatékony hőátadást eredményez. Egy kis elektromos pótfűtést lehet biztosítani az előmelegítési terület konvekciós áramlásai fenntartásának elősegítéséhez, és ezzel elkerülve a keverék szőnyeg alatti viszonylag alacsony hőmérsékleteket. Ezt a hatást erősíti az olvasztó zóna vége előtt beépített buborékoltató is.

Az idegen cserép előmelegítő a rekuperátor mögé van helyezve, és fontos része a LoNOx[®] olvasztónak. Ez egy olyan közvetlen melegítő rendszer, ahol a forró füstgázok és az előmelegítendő cserép közvetlenül érintkezik egymással. A cserép és a füstgáz áramlása ellentétes. A cserép egy toronynak a tetején lép be és lassan mozog lefelé a kijáráthoz; a füstgáz alul lép be és felül távozik. Az előmelegítőben belső zsálrendszer van, ami egyenletesebben oszlatja el a gázt a cseréposzlopon. A cserép tartózkodási ideje az előmelegítőben kb. 5 óra. A füstgáz jellemzően 500 °C-on lép be az előmelegítőbe és 200 °C-on távozik. Az előmelegített cserép tipikus hőmérséklete kb. 350 °C.

Elért környezetvédelmi előnyök

Az alacsony tüzelési hőmérsékletek miatt elég alacsonyak az elért NO_x szintek is. A LoNOx[®] olvasztóra 500 mg/Nm³ alatti kibocsátásokat közöltek, amely kevesebb, mint 1 kg NO_x per t olvadt üveg értéknek felel meg. Az üzemeltetési tapasztalat és a tüzelés optimalizálási technikák alkalmazásának növekedésekor alacsonyabb kibocsátások is lehetségesek.

A technikával jó energia hatékonyság érhető el, megközelítőleg 3.3 GJ/t olvadt üveg értékeket közöltek 90-95%-os cseréparánynál és 3% elektromos pótfűtéssel. Ez a szám kedvezően viszonyul a modern regeneratív kemencékhez, noha elsődleges energiára nincs korrigálva, bár ilyen 90-95%-os nagyságú cserépszintet nehéz tartani az újrahasznosított cserép hiánya miatt, és ez az energia teljesítmény számokra is hatással lesz.

Normál üzemeltetési feltételeknél, a fajlagos energiafelhasználása egy jobb regeneratív kemencéhez hasonló.

Egy 80%-os cseréparánnyal, 358 t/nap csomagoló üveget gyártó LoNOx[®] kemence közzétett adatai 4.0 GJ/t üveg energiafelhasználást (beleértve az elektromos pótfűtést is, de a teljes elsődleges energiát figyelmen kívül hagyva) és 336 mg/Nm³ mért NO_x kibocsátást mutatnak, 8% oxigénnél. [75,Germany-HVG Glass Industry report 2007]

Környezeti elemek kereszthatások

A LoNOx[®] kemencét nagy cseréparányon való üzemeltetésre tervezték, amely a fémek és az alapanyagban lévő savas gázkomponensek (SO_x, HCl, HF) kibocsátásainak növekedését okozhatja.

A kis üvegmélység miatt, a kialakítás sajátossága az, hogy hosszú és keskeny a kemence, és kemence területe lényegesen nagyobb lehet, mint egy hagyományos rekuperatív kemencéé

egy meghatározott kihozatali arányhoz. Ez megnöveli a helyigényt, a beruházási költséget és a kemencéhez felhasználandó szerkezeti anyagok, majd az élettartam végén az elhelyezendő anyagok mennyiségét.

Lehetséges a szerves anyagok kibocsátása a teljes cserép előmelegítő rendszer miatt, beleértve a szagos anyagokat és esetlegesen a dioxinokat/furánokat is. 0.1 ng/Nm³ I-TEQ alatti dioxin kibocsátásokat mutattak a mérések. Ezek a témák a 3.8 pontban lesznek tovább részletezve.

Üzemeltetési adatok

A csatolt adatokat a leírás tartalmazza.

Alkalmazhatóság

A speciális kemence kialakítások technika olyan jelentős keverék előmelegítésen alapul, amelyet nagy cserép arány nélkül nehéz elérni. Ezek a kemencék csak akkor igazán életképesek, ha nagy cseréparány van, pl. nagyobb, mint 70%. E dokumentum megírásakor, magától értetődő, hogy ez a technika csak a csomagoló üvegszektorra és azokra a kemencékre alkalmazható, ahol a cseréparány >70%. A technikát csak teljes átépítéskor lehet alkalmazni. A kád méretei (hosszú és keskeny) szintén korlátozhatják az alkalmazhatóságot ott, ahol nincs elég hely.

Gazdasági vonatkozások

1998-ban, egy 350 t/nap kapacitású csomagoló üveg kemence, e technikával kapcsolatos extra üzemeltetési költségeit elhanyagolhatónak ítélték, de az extra beruházási költségek az 1.8 millió EUR nagyságrendben mozoghatnak. Jelenleg nincs más elérhető információ.

Alkalmazási hajtóerő

Nincs csatolt adat.

Minta gyárak

Wiegand & Söhne, Steinbach am Wald, Germany – Csomagoló üveg

Referencia irodalom

[Sorg LoNOx][60, SORG 1999][tm19 5yrs LoNOx][20, Ehrig et al. 1995]

[http://www.sorg.de/htm/sorg_technology/lonox_melter.htm]

[75, Germany-HVG Glass Industry report 2007] [tm6 NOxInd.duVerre][7, Ind.duVerre 1996]

3.4.2.4 A FENIX eljárás

Leírás

A FENIX eljárás számos, a kereszttüzelésű regeneratív float kemencék tüzelés és az energiafelhasználás csökkentés optimalizálásai elsődleges intézkedéseinek kombinációján alapul. A 3.4.2.1 pontban már leírt tüzelés módosítási technikákkal kapcsolatos tüzelés optimalizálás a FENIX-re a következő:

- a levegő felesleg csökkentése
- a lánghőmérséklet homogenizálásának köszönhető túlhevült pontok megszüntetése; és a tüzelőanyag és az égéslevegő szabályozott összekeverése a nélkül, hogy az üvegminőség romlana és, hogy szénmonoxid kibocsátás jelentkezne.

A FENIX eljárás a tüzelési rendszer teljes módosítását, és főleg új típusú injektorok alkalmazását foglalja magába. Ezek az égők szabadalmi regisztráció védelme alatt állnak, és a

felhasznált tüzelőanyag típusától függően változnak (gáz, nehézzolaj vagy kevert tüzelőanyag), és azokkal az új kemence kialakításokkal kapcsolatosak, amelyek magukba foglalják:

- a kihozatali aránytól is függő összes méretet (hossz, szélesség, üveg mélység)
- az égőszájak kialakítását
- regenerátorokat (különálló kamrák)

A technológiát a gázt, a nehézzolajat vagy a kettő keverékét használó kemencéknél is be lehet vezetni. A tüzelésszabályozás az alábbiakkal van biztosítva:

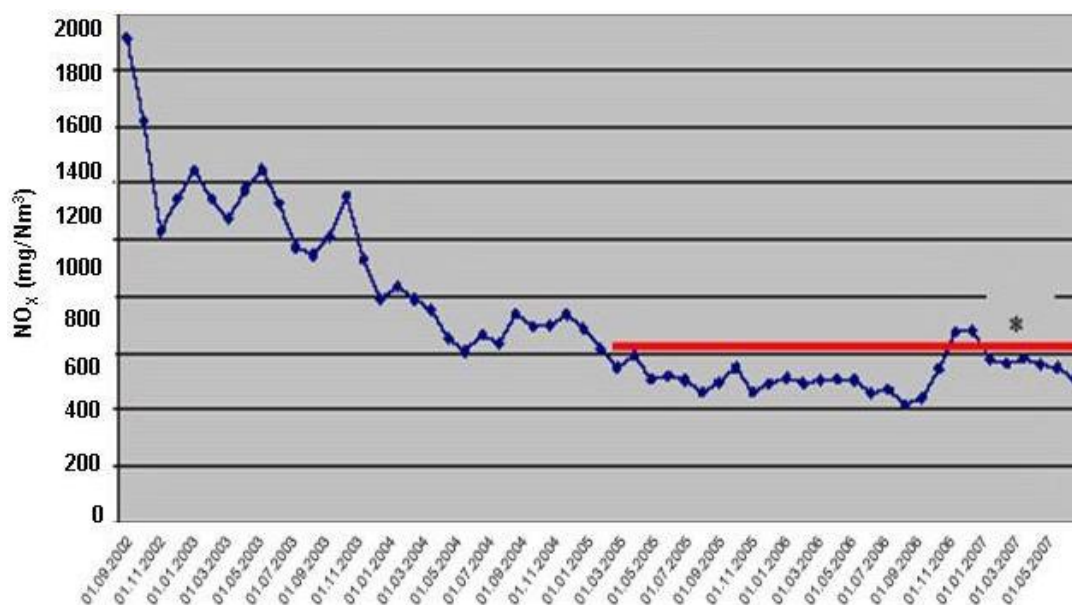
- minimális légfelesleg, a tüzelőolaj porlasztó levegője csökkentésének, a záró lemez speciális kialakításának, a hideg falslevegő beszivárgások megszüntetésének és a kemence karbantartásoknak köszönhetően
- tüzelőanyag/levegő keverékarány csökkentés, főleg az égőszájban lévő égők számának, típusának és a pozícióinak optimalizálásán keresztül.

A kemence szabályozórendszerének felülvizsgálata és bizonyos kemence paraméterek felügyeleti módszereinek beüzemelése szintén a technikához tartozik. Főleg, oxigén elemzőket helyeznek el a regenerátor kamrák tetejére azért, hogy jobb légfelesleg szabályozást érjenek el.

A FENIX technika módosításainak fő jellemzői a szabadalom leírásában [38, FENIX 1998] találhatóak és a szabadalmi regisztráció 1998 óta történt fejlődéseiben vannak lentebb összegezve.

Elért környezetvédelmi előnyök

A FENIX eljárás folyamatosan lehetővé teszi az NO_x kibocsátások 700 és 800 mg/Nm^3 értékek közötti stabilizálását. Például, a Stolberg gyár, amely kereszttüzelésű float üveg kemence, NO_x kibocsátása (lásd a 3.6 Ábrát lentebb) 2005 februárja óta 800 mg/Nm^3 alatt stabilizálódott, ami megfelel a kevesebb, mint 1.7 kg NO_x per t olvadt üveg fajlagos kibocsátási koefficiensnek.



* A kemence olyan speciális karbantartását végzik el, amely korlátozza a FENIX technológia teljes alkalmazását

3.6 Ábra: FENIX eljárás NO_x kibocsátásai

[65, GEPVP-Proposals for GLS revision 2007]

Környezeti elemek keresztthatások

E dokumentum írásának idején (2010), még nem történt meg a keresztthatások értékelése.

Üzemeltetési adatok

Amint az a 2001-ben kibocsátott üvegipari BREF-ben megjelent, az Aniche üzem (Franciaország) első próbaüzemét elvégezték, akkor tüzelőolajjal üzemelt, és a szabadalmi eljárásban leírt tüzelési rendszer módosításait követve, a teszt rövid időszaka alatt 510–580 mg/Nm³ (1.25 kg NO_x/tonna olvadt üveg) teljesítményt mutatott. 2008-ban, ez a kemence 60% gáz és 40% nehézőlaj keverékével üzemelt és az NO_x kibocsátás egy annál magasabb értéken stabilizálódott, mint amit a teszt időszak alatt már elértek, és a 700–800 mg/Nm³ tartományba esett. Jelenleg, a Fenix eljárást sok más kemencére is alkalmazták már, azonos kibocsátási tartományt (700 és 800 mg/Nm³ között) elérve.

Alkalmazhatóság

A FENIX eljárás egy speciális csoport által történő gondos alkalmazást kíván meg. Ezt a Saint-Gobain Glass legalább kilenc európai kemencéjében már teljes mértékben létrehozták. A technika elérhető a float eljárásokra is, ha a kemence tervezésébe és építésébe közvetlenül integrálják. 2001-ben, a Saint-Gobain Glass kinyilvánította, hogy kész garantálni egy nem kizárólagos licenz-et a FENIX technológiára más üveg gyártók számára is, ami a licenz feltételeknek megfelelő egyezmény jelent. Mindazonáltal, e technika alkalmazása a beszállító részéről egy előzetes kemence tanulmányt igényel; ez a szükségszerűség nagyon megnehezítheti a más üveggyártók általi alkalmazást, a bizalmas információk miatt.

E dokumentum megírásának időpontjában (2010), a technikát már kereszttüzelésű regeneratív kemencékre is alkalmazták és specifikációi miatt valószínűtlen, hogy további kemence technológiákra is ki lehetne terjeszteni. Az Aniche üzemből szerzett első eredmények azon trendjeit, amelyeket a 2001-es üvegipari BREF-ben közzétettek, más kemencéken is megismételték úgy, hogy más tüzelőanyagot alkalmaztak, de levonható az a következtetés, hogy az NO_x kibocsátás a 700–800 mg/Nm³ tartományban folyamatosan stabilizálható.

Gazdasági vonatkozások

A beruházási költségek magukba foglalják a kemencemódosításokat (tűzállóanyagok költsége), az új égőket és a feljavított szabályozó rendszert: megközelítőleg 1.5 millió EUR egy olyan meglévő kemencére, amely legalább részben tüzelőolajat használ energia forrásként. Új üzemnél vagy átépítésnél az extra költségek kisebbek lennének, kb 1 millió EUR. Megfontolandó, hogy valamennyi licenz díjat fizetni kellene, és a technika bevezetéséhez idő valamint tapasztalat is szükséges.

Alkalmazási hajtóerő

Nincs adat becsatolva

Minta gyárak

- Saint-Gobain Glass, Stolberg, Germany – float üveg
- Saint-Gobain Glass Herzogenrath, Germany – float üveg
- Saint-Gobain Glass, Chantierine, France – float üveg
- Saint-Gobain Glass, Aniche, France – float üveg.

Referencia irodalom

[tm24 FENIX][25, FENIX 1998] [65, GEPVP-Proposals for GLS revision 2007]
[tm36 FENIXpat] [38, FENIX 1998]

3.4.2.5 Oxy-tüzelőanyag olvasztás

Leírás

Az oxy-tüzelőanyag olvasztás az égéslevegő oxigénnel (>90% tisztaság) való helyettesítését jelenti. A technikát, vagy földgáz, vagy olaj tüzelőanyaggal lehet alkalmazni, bár a gáz használata elterjedtebb. A nitrogén nagy részének a tüzelési atmoszférából történő eltávolítása a füstgázok mennyiségét (amelyek főleg CO₂-ből és vízgőzből állnak) 70-85%-kal csökkenti az oxigén tisztaságától függően.

Az oxy-tüzelőanyag olvasztás az NO_x csökkentésre nagyon hatékony technika lehet, és az alább leírtak kivételével, a technikát műszakilag elfogadottnak lehet tekinteni.

Általában az oxy-tüzelőanyag kemencék alapvetően ugyanolyan kialakításúak, mint a rekuperatív olvasztók, többfunkciós oldalsó égőkkel és egyetlen füstgázvezető nyílással. A legmodernebb kemencék geometriája az oxy-tüzelőanyag tüzelésre és az NO_x minimalizálásra optimalizált. Az oxigéntüzelésre tervezett kemencékhez biztonsági okokból jelenleg nem kapcsolnak hőhasznosító rendszereket az égők oxigénellátásának előmelegítéséhez.

A technika helyszíni energia megtakarítási lehetőséget ad, mivel a légköri nitrogént a lángok hőmérsékletére nem szükséges felmelegíteni. Kevesebb gázt kell felmelegíteni, és ezért a kemencéből távozó füstgázzal kevesebb energia vész el. A lehetséges energiamegtakarítás mértéke nagyban függ attól a hagyományos kemencétől, amellyel összehasonlítjuk. Mindazonáltal, a teljes energia megtakarításnál, az oxy-tüzelőanyag tüzelés alkalmazásával kapcsolatos közvetett energiát is számításba kell venni.

Amikor egy oxy-tüzelőanyag tüzelésű kemence teljesítménye egy hagyományos (tüzelőanyag-levegő) kemencéhez van hasonlítva, a füstgáz hőhasznosító rendszer (rekuperátor, regenerátor, stb.) hatékonyságát, és az oxigén előállításához szükséges energiát is figyelembe kell venni. Ezt az összetett kérdést később tárgyaljuk ebben a pontban.

A termikus NO_x képződés nagymértékben csökken, mert sokkal kisebb a nitrogén fő forrása a kemencében, bár a tüzelési atmoszférában valamennyi nitrogén még mindig található. Ez az oxigénben visszamaradt nitrogénből (VSA/VP SA 4–6%, kriogén <0.5%), a tüzelőanyagban található nitrogénből (földgáz 2–15%), a nitrátbomlás során létrejövő és a káros falslevegőből származó nitrogénből származik. A magas lánghőmérséklet miatt, a jelenlévő N₂ könnyebben alakítható át NO_x-á, és még az alacsony N₂ szint is viszonylag jelentősnek bizonyulhat. Ezért a kemencébe történő légbeszívargást fontos minimalizálni.

A kemencéből távozó füstgázáram mennyisége 4-7-szer alacsonyabb, mint a levegő-tüzelésű kemencéknél; hőmérsékletük nagyon magas, 1200–1450 °C, és általában hűtést igényelnek. A magas víztartalom és korróziós hatású anyagok (pl. kloridok és szulfátok) magas koncentrációja miatt a hűtés általában levegővel való hígítással történik. A hígítás utáni füstgáz mennyisége a szükséges hígítási mértéktől függően, általánosságban a hagyományos kemencékből távozó füstgáz mennyiségének 30–100%-a.

Az oxy-tüzelőanyag olvasztás más kialakítású égőket igényel, mint a hagyományos levegő-gáz tüzelésé. A technika bevezetése óta, az égőrendszerek lényeges fejlődésen mentek keresztül, a korábban már létező egyéb oxy-tüzelőanyag alkalmazások módosításaitól a jelenlegi, kifejezetten az üveggyártáshoz kifejlesztett, nagymértékben specializált, alacsony NO_x oxy-tüzelőanyag égőig. E rendszerek magukon viselhetik a hagyományos tüzelésnél használt egyéb nagy hatékonyságú, alacsony NO_x égők egyes jellemvonásait. A fő szabadalmazott rendszerek néhány fontos tulajdonsága az alábbiakban került összegzésre:

- hosszú, széles, fényes lángú égők, amelyek egyenletes hőátadást biztosítanak
- többszörös oxigénbefűvés égőnként, a lépcsőzetes tüzelési eljárás miatt
- szélesebb fedésű lángok
- a tüzelőanyag és az oxigén késleltetett keveredése, az oxigénben gazdag zóna maximális lánghőmérsékletének csökkentése érdekében
- nincs vízhűtés
- az impulzus és a forma kialakításának céljából lángszabályozhatóság
- többféle tüzelőanyag használata.

A tüzeléshez szükséges oxigént kétféleképpen lehet biztosítani: vagy az adott telephelyre történő szállítással, vagy a helyszíni előállításal. A nagyon kicsi alkalmazásokat kivéve (pl. néhány külöálló fritt kemence), a szükséges oxigén mennyisége a helyszíni oxigénelőállítást gazdaságosabbá teszi. Ha azonban az adott helyszín egy ipari oxigénvezeték közelében helyezkedik el, általában költséghatékonyabb az oxigénhez közvetlenül a vezetékből hozzájutni. Két fő eljárás létezik az oxigén helyben történő előállítására: kriogén eljárással vagy abszorber rendszer segítségével. Az oxigénüzem tulajdonosa és üzemeltetője általában az a beszállító, aki a szállított oxigénért díjat számol fel, de néhány üzemeltető hajlik az oxigénüzem teljes tulajdonjogának a megszerzésére. A helyszíni oxigénüzemek mindig rendelkeznek biztonsági készlettel a folyékony oxigénből.

Kriogén eljárással úgy állítják elő az oxigént, hogy a levegőt összesűrítik, és egy tisztító egységen áramoltatják át a por, a víz, a szén-dioxid és a nyom szennyezőanyagok eltávolítására. Ezután a megtisztított levegőt lehűtik, és egy alacsony hőmérsékletű desztillációs tornyon vezetik keresztül, ahol megtörténik a szétválasztás. A szétválasztott gázokat hőcserélőkben fel lehet melegíteni gázhalmazállapotú oxigén és nitrogén előállítására, és ha szükséges, a rendszer hidegebb részeiből folyékony oxigént lehet kinyerni.

Az abszorpciós eljárásnak általában két formáját alkalmazzák: a Nyomás Váltó Abszorpciót (Pressure Swing Absorption-PSA) vagy a Vákuum Nyomás Váltó Abszorpciót (Vacuum Pressure Swing Absorption-VSA/VP SA). Nem-kriogén rendszer egyik sem, a szétválasztás környezeti hőmérséklet körüli értéken történik. A sűrített levegő a két zeolittal töltött abszorbens tartály egyikének alján lép be, ahol a zeolit elnyeli a nitrogén nagy részét. Amíg a zeolit telítődik nitrogénnel, a tartály tetejéről az oxigént kinyerik. Azután a levegőáramot a második tartályba irányítják, miközben az első tartályban maradt nitrogént a levegőbe kibocsátják. A vákuumos rendszerben a nitrogént vákuummal szívják el, a nyomásváltó rendszerben nyomással távolítják el. Általában, a vákuumos rendszer a leghatékonyabb.

Az eljárás többnyire sokkal olcsóbb, mint a kriogén oxigén, de korlátozott kapacitású a kriogén eljáráshoz viszonyítva, és általában közepes szintű oxigénigény kielégítésére használják.

A legtöbb olyan telephely, amely csak egy vagy két üvegolvasztó kemencét szolgál ki, ezt az eljárást (PSA, VSA/VP SA) választja. Többfunkciós és magas O₂ igényű kemencék (pl. float üveg) esetén előnyösebb lehet a kriogén eljárás. A választás elsősorban gazdasági tényezőktől függ, amelyeket a helyi viszonyok befolyásolhatnak. Float üveg létesítményeknél, a kriogenikus rendszer a tüzeléshez oxigént állít elő és nitrogént a float fürdőkamrához.

A részleges oxy-tüzelőanyag tüzelési technikát már sok éve használják az üvegiparban. Két különböző technikát teszteltek: az oxigén lándzsát, amely további O₂ befűvást jelentett a hagyományos levegő-tüzelőanyag kemencébe a hőátadás javítására; illetve egy tisztán oxy-tüzelőanyag égővel való kiegészítést. A technikát főként az üvegminőségi és a kemence

kihozatali problémák megoldására használták, a nagyon forró láng pontosan az olvadt felületre történő pozicionálásával amiatt, hogy a hőmérséklet-gradiens értékeket növeljék, és ezáltal a konvekciós áramlásokat fokozzák az olvadt üvegben. Ez a füstgázáramot is csökkentette, mégis a rendszerbe ugyanannyi energiát juttatott. A technikát gyakran használták a kemence üzemeltetési idejének meghosszabbítására, amely már az elhasználódás vagy regenerátor problémák jeleit mutatta. A technikát ilyen módon még ma is használják, de már nem olyan gyakran, mert a magas hőmérséklet miatt megnövekedhet a NO_x kibocsátás. "Zero-port oxigén égőket" is használnak, például a float üveg kemencék élettartamának végén, a keverékréteg olvasztásának javítására.

Elért környezetvédelmi előnyök

Meg kell jegyezni, hogy oxy-tüzelésű kemencék esetén a szennyezőanyagok koncentrációja sokkal nagyobb értékeket mutathat, mint a levegő-tüzelőanyag kemencéknél, a lecsökkent füstgáz mennyiség miatt. A kibocsátási koncentrációk 8% oxigénre való korrekciója nem jelentős az oxy-tüzelésű kemencéknél, mivel a füstgázok oxigén tartalma mind a tüzeléshez szükséges oxigén, mind a kemencébe és a füstgáz rendszerbe belépő levegő lehetséges feleslegét tartalmazza. Ezekben az esetekben, a kibocsátási tényezők (kg/tonna üveg) alkalmazása jobban megfelelő.

Ezt az elvet még akkor is alkalmazni kellene, amikor a különböző tüzelési technikákat (oxy-tüzelőanyag, oxigéndúsítás, levegő-tüzelőanyag) használó, különböző kemencék együttes füstgázai egyetlen kéménybe kerülnek, ami gyakori az üveg fritt gyártósoroknál, azért, hogy a kibocsátások becslésének a pontatlanságát elkerüljék.

Az oxy-tüzelés fő környezeti előnye az NO_x kibocsátások jelentős csökkentésének lehetősége (kibocsátási tényezőkben), egy megfelelő levegő-tüzelőanyag tüzelésű kemencéhez viszonyítva, más elsődleges vagy másodlagos csökkentési technika alkalmazása nélkül, és amelyik általában 70% feletti lenne. Ez a szám egyértelműen a viszonyítási ponttól függ, és 95%-nál nagyobb és 60%-nál kisebb is lehet. A lehető legkisebb, kb. 0.5 kg NO_x /tonna üveg fajlagos kibocsátási értékeket értek el oxy-tüzelőanyag tüzelés alkalmazásával, sőt speciális esetekben akár 0.23 kg/t üveg értéket. (lásd a 3.19 Táblázatot) [75, Germany-HVG Glass Industry report 2007].

Az üveg fritt szektorban, oxy-tüzelőanyag tüzelésű kemencén elért 20-45% mértékű NO_x csökkentési hatékonyságról számoltak be, a kemencék egyéni beállításai és üzemeltetési feltételei következtében (enyhén negatív tényomás), amelyek lehetővé teszik a káros falslevegő bejutását a kemencébe.

Az égő kiválasztásán kívül, az elérhető szintek jelentősen függnak a tüzelési rendszert ellátó földgáz fajtájától, amely nagy százalékban tartalmazhat nitrogént és más olyan paramétert, amelyek a lentebb található üzemeltetési adatok részénél vannak.

Az oxy-tüzelőanyag tüzelés a kemencéből származó illó anyagok (részecskék, fluoridok, kloridok, stb.) teljes kibocsátásának csökkentését is elősegítheti, az olvadék feletti lecsökkentett gázáram és a néhány esetben lecsökkentett turbulencia miatt, a kemence atmoszférában lévő magas vízgőz koncentráció ellenére, amely elősegíti az alkáli vagy a bór elpárolgását.

A mész-nátronüveg részecske kibocsátása a kezdeti kibocsátási szintről (levegő-tüzelőanyag) 10-30%-ra csökkenthető, bár ez nem minden esetben figyelhető meg. A részecske kibocsátásokat a börtartalmú üvegeknél (max. 50%-ig) lehet a leghatékonyabban csökkenteni, főleg az alkáli-bór üvegeknél. Néhány esetben az US-ban, az oxy-tüzelőanyag olvasztásra

való átállás indítéka, inkább a részecske, sem mint az NO_x csökkentés. Olyan esetekben, ahol az oxy-tüzelés alkalmazása a tüzelőanyag felhasználásban csökkenést eredményez, ez szintén alacsonyabb SO_2 -höz fog vezetni, az olajtüzelésű kemencék kibocsátási tényezőinél. Bár, az SO_x kibocsátások növekedhetnek, ha az üvegnek a kén felhalmozódása csökken, az üvegolvadék és a füstgáz közötti egyensúly módosulása miatt. A közvetlen CO_2 kibocsátások az energia megtakarításokkal arányban csökkennek, noha az oxigén előállításához szükséges elektromos energiával kapcsolatos közvetett CO_2 kibocsátásokat szintén figyelembe kell venni az erőművekben keletkező más szennyező anyagok kibocsátásaival együtt.

Környezeti elemek keresztthatások

Az oxy-tüzelőanyag tüzelésnél figyelembe veendő főbb keresztthatások az oxigéntermeléshez felhasznált elektromos energia előzetes erőművi előállításának kibocsátásai. Az oxigéntermelés kb. $0.4\text{--}1 \text{ kWh/Nm}^3$ értéket igényel, és az elsődleges energiaforrástól függően, a kapcsolódó kibocsátások kisebb vagy nagyobb mértékben ezek ellen fognak hatni, az oxy-tüzelőanyag tüzelésű üvegolvasztásnál kapott, főként a lehetséges NO_x , CO_2 , és energiacsökkentésnek.

Az energiát igénylő, összes csökkentési intézkedésnél, a helyi szinten látható környezeti előnyöket részlegesen csökkenti, ha a közvetett kibocsátások is számításba vannak véve.

A lényeges, közzétett keresztthatások a következők:

- NO_x – az oxigén termelés közvetett kibocsátásai, a közvetlen NO_x kibocsátások max. 10-től 15% -ra való csökkentéséről vannak jelentések
- CO_2 – példák szerint a CO_2 kibocsátások 35-től 230%-ig növekedhetnek, az energia megtakarításokból származó közvetlen kibocsátások csökkenéséhez viszonyítva
- energia – átlagban, a VSA/VPFA oxigéntermelés megközelítőleg 1.44 MJ/Nm^3 értéket igényel, ami a kemence tüzelési energiájának kb. 24%-nak felel meg, amikor az erőműnél 33%-os elektromos árammá alakítási hatékonysággal van figyelembe véve (1 MJ oxy-tüzelőanyag kemence tüzelési energia 1.24 MJ elsődleges energiának felel meg).
- SO_x , por és egyéb levegő kibocsátások – az elektromos áram előállításával kapcsolatosak szerint

Általánosságban, azt lehet mondani, hogy ha az oxy-tüzelőanyag olvasztás energia megtakarítása meghaladja az oxigéntermelés költségeit, akkor a csökkentett kibocsátások jelentősen meg fogják haladni az oxigénelőállítással kapcsolatos kibocsátásokat.

További energiahasznosítás nélküli rekuperatív kemencéknél (hulladékhő hasznosító kazán vagy cserép előmelegítés), az oxigéntermelés energia felhasználását is tartalmazó átlagos energia megtakarítás kb. 25-35%. A nagyobb kemencéknél ez az érték 0-15%. A nagyon hatékony regeneratív kemencéknél ez a szám akár negatív is lehet.

Az oxy-tüzelőanyag tüzelésű üvegkemencék keresztthatásainak kiértékelésére néhány példa található lentebb.

- egy 225 t/nap kapacitású csomagoló üveg kemencénél, az NO_x kibocsátások közvetlen csökkenése 80 t/év, és az oxigéntermelés miatti NO_x pedig 11 t/év, így a nettó csökkenés 69 t/év értéknek felel meg. A kemencéből származó CO_2 kibocsátás csökkenése 1942 t/év értéknek felel meg, de az oxigéntermelés 4444 t/év közvetett CO_2 -vel jár. Emellett, az átlagos erőműből származó SO_2 kibocsátások mennyisége max. 30 t/év
- egy folyamatos üvegrost olvasztó kemencénél, a közvetlen NO_x kibocsátás csökkenés 80 t/év, de a közvetett NO_x kibocsátás növekedése (erőmű) majdnem 9 t/év. A kemence CO_2

kibocsátások 5390 t/év értékkel csökkennek, miközben a közvetett CO₂ kibocsátások 3530 t/év értékkel növekednek.

A különböző üveg kemencék és Légszennyezés Szabályozó Rendszerek (LSZR) becsült fajlagos közvetett kibocsátásai a 3.43 Táblázatban láthatók.

A olvasztó kemence tűzálló felépítményének lehetséges gyors elhasználódása esetén, a szilárd hulladék (cserélendő tűzálló anyagok) képződés az oxy-tüzelőanyag tüzelés egy további kereszthatását jelentené.

Üzemeltetési adatok

Az optimalizált kemence kialakítással és üzemeltetéssel kombinált oxy-tüzelőanyag égők legújabb változatairól azt jelentik, hogy 0.3-0.8 kg NO_x/tonna olvadt üveg NO_x kibocsátással rendelkeznek a csomagoló üveg szektorban, ami általában a 200-500 mg NO_x/Nm³ értékkel egyenlő.

Az üvegfritt szektorban, az oxy-tüzelőanyag olvasztás alkalmazásával kapcsolatosan elért NO_x kibocsátás csökkentés sokkal kisebb. A közzétett adatok 7-11 kg NO_x/t olvadt üveg kibocsátási szinteket mutatnak, a levegő-tüzelőanyag és oxigénnel dúsított levegő-tüzelőanyag kemence 13 kg/t üveg, vagy magasabb jellemző szintjéhez hasonlítva. Ezek az értékek olyan termelésre vonatkoznak, amelyeknek a keveréke jelentős mennyiségben tartalmaz nitrátokat és a kemence kívánatos üzemeltetési feltételei lehetővé teszik, hogy káros fals levegő jusson be az égőkamrába.

Az NO_x kibocsátások nagyon erősen függenek a következő tényezőktől:

- az oxigéntermelés folyamata – a PSA vagy VSA/VPSA rendszerekkel előállított oxigén mindig tartalmaz néhány százalék nitrogént
- földgáz minőség – az EU-ban, a földgázhoz gyakran több, mint 10% nitrogént adagolnak
- az alkalmazott égők típusa – a több lépcsős tüzelés égői általában alacsonyabb NO_x értékekkel járnak (<0.5 kg/t olvadt üveg, a csomagoló üveg szektorban)
- a kemence energia felhasználása – ez határozza meg az üvegegységre eső füstgáz térfogat áramát, és többek között, az elvárt üvegminőséget, a kemenceméretet és a keverék cseréparányát
- a tüzelőanyag minősége; a tüzelőanyag néhány típusa, szervesanyagban kötött nitrogént tartalmazhat kis mennyiségben.

Az ezzel a technikával kapcsolatos legfontosabb kérdések közül egy, az elérhető lehetséges energia megtakarítás. Amint ez fentebb említésre került, bizonyos alkalmazásokban gyakran ez a meghatározó tényező a technika gazdasági életképességében. A technika költség hatékonyságának tekintetében, nem csak a helyettesítendő kemencével kell összehasonlítani, hanem az összes elérhető lehetőséggel és alternatív csökkentő intézkedéssel, és az oxigén előállításra felhasznált energiát is figyelembe kell venni.

A helyi energia megtakarítás több lehet, mint 50%, ha kicsi, termikusan nem hatékony kemencéket állítanak át oxy-tüzelőanyag tüzelésre. Nem specializált energia megtakarítási intézkedésekkel, átlagos szigeteléssel, és csak saját cseréppel üzemelő közepes méretű rekuperatív kemencénél, az oxy-tüzelőanyag olvasztás energia felhasználása 20-50%-al kisebb lenne. Ellenben, optimalizált termikus teljesítményű, nagy energia hatékonyságú regeneratív kemencénél a megtakarítás közel nulla, sőt mínusz, ha az elsődleges energia egészen 5%-os növekedéssel is számításba van véve. Ezekben az esetekben, a helyi

megtakarítások nem fedeznék az oxigén költségét. Minden eset egyedi és a saját körülményei között kell vizsgálni.

Mint általános irányelv, az oxy-tüzelőanyag kemencéket nagyon jól le kell szigetelni és tömíteni, hogy a tűzálló felépítményben, az olvadt üveg gőzök által okozott korróziót és károsodást elkerüljük. Az oxy-tüzelőanyag tüzelés megnövekedett elhasználódáshoz vezethet, de ez a kiválasztott tűzálló anyagoktól és a kemence üzemeltetési jellemzőitől függ.

A fő tényező a füstgázok hőhasznosítása, ami az oxy-tüzelőanyag olvasztás gazdaságosságát javíthatja. A füstgázok magas hőmérséklete növeli a hőhasznosítás lehetőségét, de sok nehézség is van. A füstgázok kezelésük előtt hűtést igényelnek azért, hogy a csökkentő berendezés üzemeltetési hőmérsékletét elérjék, és az illóanyagokból származó részecskék kondenzálását biztosítsák. Sok kemencéből származó füstgáz természete korlátozza a közvetlen hőcserélők alkalmazását a részecske kondenzáció és a korrózió miatt. E problémákat növeli az oxy-tüzelőanyag tüzeléssel kapcsolatos magas füstgáz koncentráció. Kimondottan problémát jelentenek a börtartalmú üvegek, amelyeknél a füstgázokat gyorsan kell lehűteni, hogy megelőzzük az olyan ragadós szilárd anyagok képződését, amelyek korrozívak, és a csatorna valamint az elektrosztatikus porleválasztó csökkentő berendezés teljes eltömődését okozzák. Emiatt levegő hígítással célszerű elvégezni a hűtést.

A fenti okok miatt, a hagyományos kemencék energia megtakarítási intézkedéseit (pl. hulladékhő kazánok, nagy szigetelés, nagy hatékonyságú égők, és cserép előmelegítés) az oxy-tüzelőanyag kemencéknél még nem alkalmazzák széleskörben. Sok tapasztalat van ezekről a technikákról; a dokumentum megírásakor (2010) ismert, hogy legalább két kemencét hulladékhő kazánnal szereltek fel, és cserép vagy keverék előmelegítést csak nagyon kevés oxy-tüzelőanyag kemencénél alkalmaznak. Várhatóan, nem sokára az US-ban tesztelik azt, a kimondottan az oxy-tüzelőanyag tüzelésű kemencékre kialakított keverék és cserép előmelegítési olyan új technikát, amely sokkal magasabb hőmérsékletű füstgázzal való üzemeltetést tesz lehetővé. Franciaországban (2008), a gáz és levegőellátás előmelegítés bizonyos fejlesztési munkáit elvégezték egy oxy-tüzelőanyag float kemencére.

Mindazonáltal, mivel gyűlik a tapasztalat, az oxy-tüzelőanyag tüzelésnél ezen intézkedésekből egyre többet lehet alkalmazni. Nincs kizáró oka annak, hogy az oxy-tüzelőanyag tüzelésnél miért ne lehetne ezekből a technikákból többet használni, de vannak olyan fontos műszaki dolgok, amelyeket meg kell találni, továbbá idő kell a megoldásukhoz (a tűzálló anyagok lehetséges károsodása, üvegolvadék színváltása, habosítás, stb.).

Az oxy-tüzelőanyag olvasztás olyan magasabb lánghőmérsékleteket jelent, amely sok alkalmazásnál, a kemence négyzetméterre vetített magasabb kihozatalhoz vezethet (max. 25% növekedés). Ez főként ott fontos, ahol a kemence kapacitását meg kívánják növelni, de ahol nincs elég hely a kívánt méretű, hagyományos kemence elhelyezésére. Ezt a helyzetet tovább erősíti az előmelegítő rendszer hiánya. Sok alkalmazásnál, a technika jobb folyamat ellenőrzéshez és magasabb üvegminőséghez is vezethet. Ez kimondottan így van néhány olyan speciális üveg eljárásnál, amelyek magas olvasztási hőmérsékletet igényelnek. Ellenben, a magasabb oxigén és vízgőz szint néhány üvegtípus üveg összetételére hatással lehet, ami a keverék összetétel megváltoztatását igényli.

A tűzállóanyagot nagyobb igénybevétel éri, és ezért rövidebb a kemence élettartama. Néhány esetben, ez szintén több üveghibához vezethet (pl. a boltozat csöpögése miatt). Mész-nátronüvegeknél, a magas vízgőz nyomás nagy NaOH gőznyomást okozhat, ami hozzájárulhat a tűzállóanyag elhasználódásához, főleg az üvegszint fölött.

A tűzálló anyag beszállítók olyan új anyagokat fejlesztettek ki, mint a tökéletesített szilika és $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$ -spinell anyagok a drága, ömlesztve-öntött AZS vagy korund anyagok alternatívájaként. Mindazonáltal, még van bizonyos pénzügyi kockázat az oxy-tüzelőanyag technikával kapcsolatban. A magas minőségű tűzállóanyagok hozzáadandók a kemence beruházási költségeihez, de vannak olyan meglátások, hogy minden alkalmazásra nem elég hőállóak.

A lecsökkent élettartamnak az üzemre nagyon fontos gazdasági hatása van, főként olyan nagyobb kemencékre, mint a float üvegé. A naprakész tapasztalat alkalmazásról alkalmazásra változik a kevéstől a nagyon ígéretesig. Ezen a területen hatalmas munka lett elvégezve, és jelentősen csökkentek a problémák. Sok boroszilikát gyártó számol be megnövekedett kemence élettartamról, és néhány alkalmazásnál, alacsonyabb boltozat hőmérsékletet tapasztaltak az átállást követően. Igazolták azt, hogy a szilika boltozatból képződő nátrium-szilikát és csöpögés elkerülésére, a boltozat hőmérsékletét mindig a megfelelő értéken kell tartani (1460-1470 °C fölött).

E feltételek között, egy mész-nátron csomagoló üveg, szilika boltozatú kemence már több, mint 14 éve üzemel (O-I Europe, Leerdam, Hollandia 1994 óta üzemel).

Az új, nagy hőszűrő képességű égőrendszerek sokkal hatékonyabban tudják átadni a hőt az üvegnek. A kemence gondos kialakításával, a pontos égőpozicionálással és a jobb minőségű tűzállóanyagokkal együtt, ezek az égők könnyebbé teszik az üzemeltetést a tűzállóanyagok hőállósági határán belül.

Az oxy-tüzelőanyag olvasztási technikát folyamatosan fejlesztik, és a legújabb technikákat alkalmazó kemence kialakításoknak valószínűleg hosszabb lesz az élettartama, mint a korábbi kemencéknek. Néhány alkalmazásnál, keverék felhabosodásról számoltak be. Ez minőségi problémákat okozhat és a hatékonyságot és a tüzelés stabilitását csökkenti.

Az oxy-tüzelőanyag kemence atmoszféra magas vízgőz koncentrációja elősegíti a gáz eltávolítást az olvadékból, növelve a tisztulás lehetőségét (kevesebb hólyag), de a sokkal nagyobb habosodását is. A kemence atmoszféra habstabilitási hatását még nem értik teljesen, és ez még tovább vizsgálandó.

Az üveggyapotgyártásban, a kemence magas oxigén szintje elősegítheti nitrátok használata nélkül is a szerves anyagokat tartalmazó hulladékok újrahasznosítását.

Bár, az oxigén-tüzelésű kemencék kiforrott technológiának tekinthetők, mégis marad lehetőség a kemence geometria, boltozat magasság, égőelhelyezés és az olvadék feletti magasság optimalizálására, továbbá az égőpozicionálásra, amely javíthatja az energia hatékonyságot, és ezzel összefüggésben csökkentheti a CO_2 kibocsátást és az energia költségeket. További lehetőség a nagyon kevés, ám forró füstgázok hőhasznosítása a keverék vagy földgáz előmelegítésére és más olyan lehetőségek a hasznosított energia felhasználásra, amelyeket ki lehet fejleszteni. A füstgáz magas CO_2 koncentrációja elősegítheti a megkötését.

Az oxy-tüzelőanyag olvasztás alkalmazásával kapcsolatos fő előnyök és hátrányok összefoglalása a 3.18 Táblázatban vannak.

Előnyök

- alacsony NO_x kibocsátási értékek érhetők el (jellemzően <0.5-0.8 kg/t olvadt üveg, mésznátron csomagoló üvegnél, a közzé tett minimum 0.23 kg/t olvadt üveg értékkel)
- a kemencék beruházási költségei többnyire lényegesen alacsonyabbak
- néhány alkalmazásban, a technika költségei semlegesek vagy megtakarításokat eredményeznek
- néhány alkalmazásnál, alapvető csökkenés lehetséges az energia felhasználásban (főleg, ahol rekuperatív kemencéket helyettesítenek)
- lehetőség az alacsonyabb, tömegáramban kifejezett illóanyag és por kibocsátásokra. Ha a füstgáz mennyisége csökken, ez a csökkentő berendezések kisebb beruházási költségéhez vezet
- a termelés/m² növelésének és a hatékonyabb folyamat ellenőrzésnek a lehetősége
- néhány esetben az üveg minőség javulhat
- elősegítheti a CO₂ megkötést, a füstgázban lévő magas koncentráció miatt.

Hátrányok:

- ha nem realizálhatók lényeges energia megtakarítások, a technika nagyon drága lehet, főleg a nagy mésznátron kemencéknél. Ezt az elektromos áram, gáz/tüzelőolajhoz viszonyított költségeinek különbsége okozza.
- a költséghatékonyság nagyon változik az alkalmazások között, és egyedileg kell elbírálni
- azokat a tűzállóanyag elhasználódási problémákat, amelyek rövidebb kemence élettartamhoz vezetnek, még nem teljesen oldották meg
- az oxigén előállítás elektromos energiát igényel (az elsődleges energiában kifejezett kemence felhasználás kb. 7%-a – max. 20 %-a)
- az elektromos áram előállításból származó közvetett kibocsátások (CO₂, NO_x, SO_x) ellensúlyozzák a lehetséges környezeti előnyöket
- a technika alapvetően egy elsődleges intézkedés, amely az NO_x képződést csökkenti, de semmit nem tesz a nem termikus forrásokból származó NO_x csökkentésére, pl. keverék nitrátok
- a technikát a kemence átépítéskor a leghatékonyabb beüzemelni
- az oxigén tárolása, előállítása és alkalmazása belső kockázattal jár és megfelelő biztonsági feltételek szükségesek
- az oxigén előállítás zajjal járhat, amit ellenőrizni kell
- az extra SO_x kibocsátások növekedhetnek, mert az üveg kéntartalma csökkenhet, de a keverék összetételben lévő kén mennyiséget be lehet szabályozni, erre kompenzálva.
- habosodás történhet az olvasztó kemencében
- ha magas üveg minőségi követelmények kívánatosak e technika alkalmazása korlátokba ütközhet a kemence tűzállóanyagainak károsodásának lehetősége miatt.

3.18 Táblázat: Az oxy-tüzelőanyag olvasztás fő előnyei és hátrányai

A csomagoló és speciális üvegeket gyártó létesítményeknél, az oxy-tüzelőanyag olvasztás alkalmazásával kapcsolatos elért kibocsátási szintek adatai a 3.19 Táblázatban vannak.

	Csomagoló üveg ⁽¹⁾	Speciális üveg	Speciális üveg	Speciális üveg ⁽²⁾
Tüzelőanyag	Földgáz	Földgáz	Földgáz	Földgáz
Kemence kapacitás	300 - 350 t/nap	50 t/nap	50 t/nap	40 t/nap
Jelenlegi kihozatal	222 - 280 t/nap	40 t/nap	50 t/nap	40 t/nap
Elektromos pótűtés	nem	igen	igen	igen
Üveg típus	Barna, zöld	Boroszilikát	Boroszilikát, csomagoló	Üveg kerámia
Cserép	66% (átlag érték)	60%	40%	50%
Fajlagos energia felhasználás ⁽³⁾	4.20 GJ/t üveg (átlag érték)	6.72 GJ/t üveg	10.37 GJ/t üveg	12.31 GJ/t üveg
Kapcsolódó kibocsátási szintek (AEL-ek)	0.23 kg NO _x /t üveg	1.42 kg NO _x /t üveg	6.67 kg NO _x /t üveg ^{(4) (5)}	5.59 kg NO _x /t üveg ⁽⁵⁾

1. Két kemencéből álló létesítmény.
2. A létesítmény hőhasznosító rendszerrel van ellátva a zsákos szűrő előtt.
3. A közölt adat a felhasználói pont energiájára vonatkozik és nincs korrigálva az elsődleges energiára.
4. Az érték a biztosított információk (tömegáram, füstgáz térfogat, olvasztott üveg, mért kibocsátási koncentrációk) alapján lett kiszámítva
5. .A keverék összetétel nitrátokat tartalmaz.

3.19 Táblázat: Oxy-tüzelőanyag olvasztás alkalmazásával kapcsolatos NO_x kibocsátási szintek minta létesítményeknél

[75, Germany HVG Glass Industry report 2007]

Alkalmazhatóság

Noha, a 100%-os oxy-tüzelőanyag olvasztás elve jól megalapozott, és az üvegipar egészére úgy tekintik, hogy alkalmazható, ám a bevezetési problémákat sem kellene alulbecsülni.

A technika elsősorban a folyamatos üvegrost és a speciális üveg szektorokban van alkalmazva; a teljes üvegiparban történő alkalmazását számos tényező korlátozza. A technikát még úgy tekintik, mint amelynek nagy a pénzügyi kockázata az >500 t/nap kapacitású kemencékre. Néhány kérdés további vizsgálatot igényel, mint a kemence felépítmény optimális tüzelőanyagának kiválasztása, a habképződés megelőzése és stabilizálása, és a füstgáz hőhasznosítása.

Néhány oxigén-tüzelésű kemencében van olyan habosodási probléma, amelyet még nem teljesen oldottak meg. [109, Schep, A decade of oxy-fuel 2003]

Általában, azért előnyös elhalasztani a beüzemelését a következő kemence átépítésre, hogy maximalizáljuk a lehetséges előnyöket és elkerüljük a várható üzemeltetési hátrányokat. Elvileg, az oxy-gáz égőket sok gyártásban a nélkül használni lehet, kivéve az U-lángú kemencéket, hogy a hideg javításig várni kellene. A periódus közbeni alkalmazás energia megtakarításokhoz vezethet és megnövelheti a kihozatalt. Mindazonáltal nem valószínű, hogy kisebb NO_x kibocsátásokat eredményez, sőt esetleg növelheti a jelenlegi NO_x szinteket; a gyors tüzelőanyag elhasználódásnak is van veszélye.

1998-ban, a világ üveggyártásából 5-10%-ra becsülték az oxy-tüzelőanyag olvasztást. A becsléseket a francia oxigéngyártó Air Liquide készítette, bemutatva, hogy az oxy-tüzelőanyaggal termelt teljes üveggyártás 25%-a Európában van, és 56%-a Észak-Amerikában. Azóta, ezek a számok a szektorok között, különböző irányokban megváltoztak.

Legalább 200 ipari oxigén tüzelésű üvegkemence van világszerte. Főleg a folyamatos üvegrost és a speciális üveg szektorokban alkalmazzák széles körben az oxy-tüzelőanyag tüzelést. A világon öt oxy-tüzelésű float üveg kemence van (három az USA-ban, egy Japánban és egy Európában), és kb. 40-50 között az oxy-tüzelésű csomagoló üveg kemence, főleg az USA-ban.

Számos példa van a sikeresen üzemelő oxy-tüzelőanyag olvasztókra az ásványgyapot, speciális üveg és fritt szektorokban is. Az oxy-tüzelőanyag tüzelés alkalmazásánál több probléma is számba jön a háztartási üveg szektorban a komoly habosodás miatt, amely ezen üvegtípus magasabb minőségi követelményeire hatással lehet. Mindazonáltal, számos alkalmazás sikeresen üzemel oxy-tüzelésű kemencével.

A síküveg és a csomagoló üveg szektort illetően, az oxy-tüzelőanyag tüzelés fő akadályát az oxigén magas ára és a kemencéhez szükséges speciális tűzállóanyagok jelentik.

Az írás idején (2010) Európában, egy oxy-tüzelőanyag tüzelésű kemence üzemel a síküveg szektorban (öntött üveg), de egy alkalmazást megindítottak Franciaországban is. Nyolc kemence üzemel a csomagoló üveg gyártásban, ami a szektor teljes európai termelésének 3,2%-a (Németországban, Hollandiában, Franciaországban és Olaszországban). A folyamatos üvegrost gyártásban, az Európában üzemelő olvasztó kemencék 50%-a oxy-tüzelésű, néhányuk elektromos pótfűtéssel. Az üvegfritt termelésnél, a kemencék 15%-a alkalmaz oxy-tüzelőanyag olvasztást. Jelentős számban van oxy-tüzelés az ásványgyapot, háztartási üveg és speciális üveg (főként boroszilikát üvegcsövek) termelés európai kemencéinél.

Gazdasági vonatkozások

Az oxy-tüzelőanyag olvasztás pénzügyi szempontjai nagymértékben változnak a különböző szektorokban, és esetről esetre is. A költségeket rendkívül nehéz megjósolni, de néhány jelzőszám meg van adva a 3.28 Táblázatban, az NO_x csökkentési technika költségeinek összehasonlításánál. A költségekre ható főbb tényezők:

- beruházási költségek a legvalószínűbb változathoz hasonlítva, beleértve a tartósabb tűzálló anyagok extra költségeit (kemence boltozat és füstgáz csatornák)
- a lehetséges elérhető energia megtakarítások (nagyban függenek a kemence méretétől és kialakításától)
- az alkalmazásra vonatkozó érvényes oxigén költség
- a lehetséges hatása az élettartamra és az ezzel kapcsolatos pénzügyi kockázat.

Az oxy-tüzelőanyag olvasztás viszonylagos érdeme, hogy esetről esetre nagyon változik, és a döntés a technikának a bevezetésére erősen függ más tényezőktől, pl. ha a kemence méretének a változtatása nélkül szükséges a kihozatal növelése, vagy ha az üzem olcsó oxigénforrás közelében helyezkedik el. A gazdasági vonatkozásokat bizonyos mértékig érinthetik a hely-specifikus tényezők és minden egyes esetet a saját egyéni körülményei alapján kell figyelembe venni.

A beruházási költségekben fontos tényező, hogy az oxy-tüzelőanyag kemencéknek nincs hagyományos tüzelési gáz előmelegítő rendszere és így a beruházási költségek általában kisebbek, mint neki megfelelő kihozatalú regeneratív vagy rekuperatív kemencéé. Ez új üzemeknél nagyon nyilvánvaló, ahol az előmelegítő rendszer teljes költségét így megtakarítják. A legfejlettebb oxy-tüzelőanyag égők általában drágábbak, mint a fejlett alacsony NO_x égők, továbbá elég jelentősek az oxigén szabályozó rendszer költségei is. Mindazonáltal, a legtöbb kemencének az oxy-tüzelőanyag égők és szabályozó rendszer extra költségei jelentősen kisebbek, mint az előmelegítő rendszer megtakarításai.

A technikának a tűzállóanyag élettartamára vonatkozó hatása, a drága anyagok kemenceboltozatban való alkalmazásához vezethet. Ha szükségessé válik, akkor ez az extra költség jelentősen csökkentheti a beruházás előnyét. Tény, kezdetben (1990 - 1995) az oxy-tüzelőanyag tüzelésű kemencék élettartamát rövidebbnek várták, mint a hagyományos levegő-tüzelőanyag tüzelésű kemencékét. Ám, az európai csomagoló üveg szektorban, legkevesebb néhány oxigén tüzelésű kemence van ugyan olyan élettartammal. A kemence kialakítása, az anyagok minősége (különösen a boltozat) és a felépítmény szivárgásmentessé tétele olyan fontos tényezők, amelyek meghatározzák a kemence élettartamát.

A technika gazdasági versenyképessége főként az energia megtakarítás lehetőségétől függ, és az NO_x kibocsátási szinteket versenyképesen elérő alternatív technikák vonatkozó költségeitől.

Sok létesítményben, amelyben a kicsitől a közepes méretűig van kemence, jelentős energia megtakarítást lehet elérni, amelyik a technikát versenyképesebbé teszi. Csakugyan, néhány létesítményben (főleg <50 t/nap termelésű kemencék), csak az energia megtakarítás elegendő motiváció a technika bevezetésére. A nagyobb hagyományos kemencék maguktól jobb energiahatékonyságúak, és a teljes energia felhasználás lehetséges csökkentése (beleértve az oxigén előállítás energiáját is) sokkal alacsonyabb, ha oxy-tüzelésre váltanak vagy állnak át, amelyik növeli a technika teljes költségeit (főleg oxigén költségek). Másrésről, a nagy kemencék nagy mennyiségű oxigént igényelnek, amelyeknek természetesen jobb ár/m³ értékei vannak.

Az oxy-tüzelésű, nagy terhelhetőségű szilika boltozatú (300 000-tól 400 000 EUR extra költségig) és az ömlesztett öntött anyagokból épített boltozatú (AZS vagy korund) kemencék összehasonlítható költségeit számolták ki. Az ömlesztett öntött anyagok a float üveg kemence boltozat költségeit 4-5 millió EUR-al emelik meg.

A levegő előmelegítők elhagyása és az ebből következő tőke megtakarítások nem csak megszokásosabb üvegszektorokban (csomagoló, folyamatos üvegrost, speciális üveg, stb.) vannak jól megalapozva és a kemencék többségénél alkalmazva, hanem a fritt iparban is, ahol a levegő előmelegítésére rekuperatív hőcserélőket használnak.

A regeneratív kemencéknél, a regenerátor rendszert az első megépítésének a helyzetében hagyják, és javítják, növelik vagy cserélik, ahogy ez az egyes kemence átépítéseknél szükséges. Ezért, bár jelentős a megtakarítás, ez soha nem lehet olyan nagy, mint egy új kemencénél. Rekuperatív kemencék esetében, a rekuperátort többnyire minden kemence átépítéskor lecserélik, de a tartó acélszerkezetet újra lehet használni, ha a kemence kialakítása és helyzete lényegében változatlan. Az új üzemek megtakarításai nagyon változhatnak az egyes létesítmények között. A közzé tett megtakarítások rekuperatív kemencéknél, általában 20%-os mértékűek, és 30-40%-os a regeneratív kemencéknél.

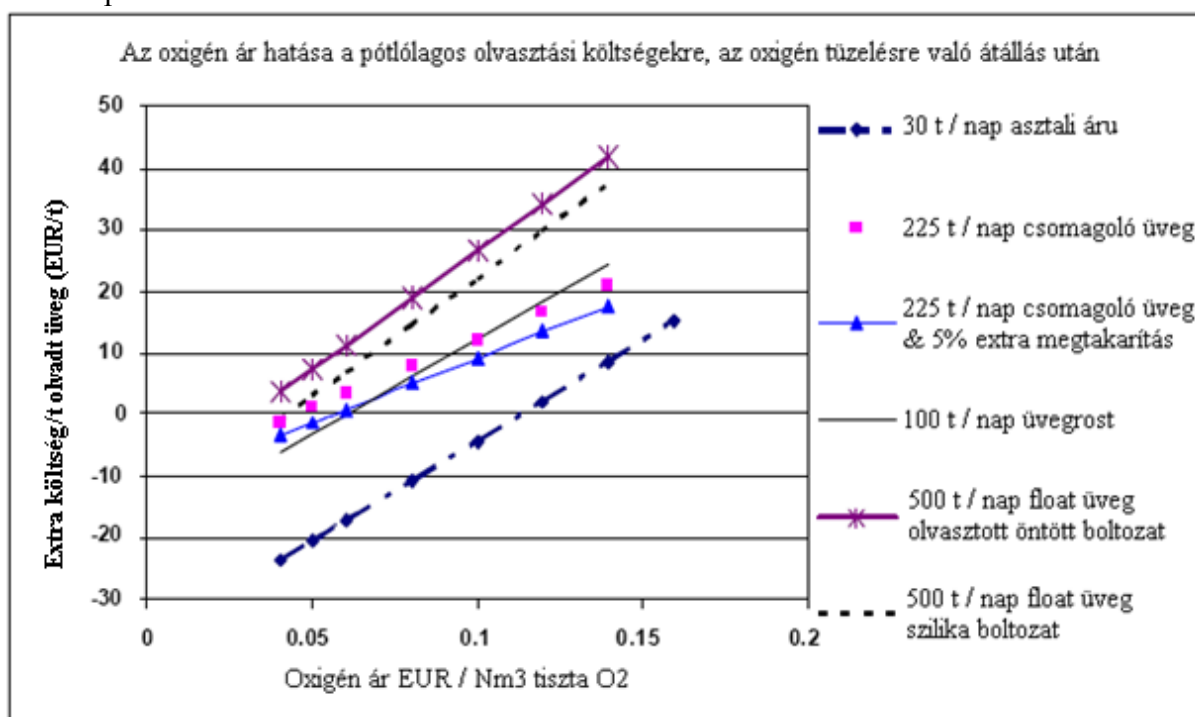
Ha a beszállító üzemelteti az oxigén gyárat, a beruházási költséget az oxigén ára általában tartalmazza, és nincs külön figyelembe véve. Az oxigén ellátás kialakítását többnyire az üveggyártó vállalat biztosítja, de ez a költség elég kicsi. Ha az üveges társaság úgy dönt, hogy saját oxigén gyárat üzemeltet, akkor a beruházási költségek a kemence költségeinek max. 10%-ra tehetők. Ha oxigén előállítás mellett képződő nitrogént is felhasználják vagy eladják, akkor ez hozzájárulhat az összes költségek csökkentéséhez.

Az üvegipari irodalomban néhány dokumentum az oxy-tüzelőanyag tüzelés költségét nagyobbra vagy azonosra becsüli, mint az SCR-ét. Bár ez nem mindig tükröződik a

gyakorlatban, néhány üzemeltető költség semleges átalakításról vagy néhány esetben üzemeltetési költség megtakarításról számol be. A pozitív eredmények legtöbbször olyan kicsi, nem regeneratív kemencék átalakításainál van, amelyek nem alkalmaznak magas cserépszintet, viszonylag magas energia felhasználás mellett.

A tűzállóanyag élettartamát kivéve, a legtöbb alkalmazásnál az oxy-tüzelőanyag tüzelés költség hatékonyság meghatározó tényezői az energia megtakarítások és a költségek, és az oxigén kereszthatásai, valamint a költségek és az alternatív NO_x csökkentési technikák kereszthatásai közötti különbség. Ez eset specifikus, és amíg sok kisebb kemencénél az egyenleg előnyös, a nagyobb kemencéknél a megtakarítások általában kisebbek és a pénzügyi egyenleg a speciális körülményektől nagyban függ, és más tényezők (főleg az évekre vetített beruházási költségek) válnak fontosabbá. Az érvényes energia és főleg oxigén költségek (mindkettő változhat) is kimondottan fontosak.

A lenti 3.7 Ábrán, az oxigén-gáz tüzelésű kemencék és a hagyományos kemencék fajlagos olvasztási költségeinek teljes különbsége látható. A float, a csomagoló üveg és a kicsi asztali áru rekuperatív kemencék becsült adatai lettek közé téve.



3.7 Ábra: Fajlagos olvasztási költség változások a hagyományos kemencéről oxigén tüzelésre való átállás után különböző üveggyártási alkalmazásoknál (csomagoló, float, folyamatos üvegrost és asztali áru)

[94, Beerkens - APC Evaluation 2008]

Németországban, 2007-ben az oxigén előállítás jelenlegi átlagos költségei 0.04 EUR/m³ és 0.07 EUR/m³, az előállítási rendszertől (kriogén, PSA, VSA/VPSSA) és a gyártott mennyiségtől függően, és a felhasználási pontban lévő végső ár 0.046 és 0.11 EUR/m³. Az oxigén termeléshez szükséges elektromos energia 0.4 és 1 kWh/m³, ami a 0.05-0.065 EUR/kWh költségtartományba esik. [75, Germany-HVG Glass Industry report 2007]. A létesítményben felhasznált oxigén mennyiségétől függően, az oxigén ár jelentősen megváltoztathat akár kétféle vagy több tényezőt is.

Az oxy-tüzelőanyag olvasztás alkalmazásával kapcsolatos fajlagos költségek különböző üvegtípusokra és kemence kapacitásokra lettek megbecsülve. A számításokhoz feltételezett elérhető szintek a következők:

- float üveg: 1.5-2 kg NO_x per t olvadt üveg
- csomagoló üveg: 0.5-0.9 kg NO_x per t olvadt üveg
- speciális üveg: 1-1.5 kg NO_x per t olvadt üveg

A kapott eredmények alább vannak:

- **csomagoló üvegnél**, különböző kapacitású kemencék (200 t/nap és 450 t/nap) becsült költségei U-lángú, regeneratív kemencét hasonlítva egy oxy-tüzelésű kemencéhez, a kis kemencére 2 millió EUR, míg a nagy kemencére 4.7 EUR, miközben a megfelelő éves üzemeltetési költségek 450 000 EUR/év és 1.5 millió EUR/év értékre növekednek. A fajlagos költségek per t olvadt üveg a kis kemencére 3 EUR/t üveg, és 5-5.25 EUR/t üveg a nagyobb kapacitású kemencére. Az NO_x eltávolítási költségét 3.4-4 EUR/kg NO_x értékre becsülik a kis kemencére, és 5.5-6 EUR/kg NO_x értékre a nagyobb kapacitásúra
- **síküvegnél**, 500 t/nap kapacitású float kemencén alkalmazott oxy-tüzelőanyag tüzelés becsült költsége, a beruházási költségek vonatkozásában 7.5 millió EUR, ha a kemencének szilika boltozata van, lecsökken 3.5 EUR-ra az olvasztott öntött anyagú (AZS) vagy korund) boltozatnál. Az üzemeltetési költségek megemelkednének 2.7 millió EUR/év értékre, beleértve a 2003/87/EC Emission Trade Scheme (ETS) Direktívának megfelelő CO₂ kvótaegység költségeit is (bár ezen költségeket nehéz kiszámolni lévén, hogy hely-specifikusak és nagy eltéréseknek lehetnek kitéve), és 0.06 EUR/m³ értéknek megfelelő oxigén költséggel számoltak ki. A fajlagos költségek 6.8 EUR/t üveg értékről 11.4 EUR/t üveg értékre nőnének, a kemence boltozatától függően. Egy alacsonyabb oxigén ár jelentősen csökkentené a fajlagos költségek per tonna üveg értéket. 0.045 EUR/m³ árnál, a fajlagos költség megemelkedne az 1.1 és 5.6 EUR/t üveg tartományra. A float üveg kemence becsült NO_x eltávolítási költsége 3 és 5 EUR/kg eltávolított NO_x.
- **háztartási üvegnél**, 30 t/nap kapacitású kemencénél, a becsült extra beruházási költség 500 000 EUR-nak felel meg, az üvegtípus miatt szükséges magas minőségű tűzállóanyag miatt. Az üzemeltetési költségekben bekövetkező csökkenést várnak, ha az oxigén ár 0.12 EUR/m³ alatt van. Egy meglévő 70 t/nap kapacitású kemencénél, a regeneratív konfigurációról oxy-tüzelésre való átállás 2.25 millió EUR-nak megfelelő beruházási költség csökkenést eredményezett. Az üzemeltetési költségek 600 000 EUR-al emelkedtek, ami 12-13 EUR/t üveg értéknek felel meg, 0.10 EUR/m³ oxigén ár mellett.
- **folyamatos üvegrostnál** 100-120 t/nap kapacitású kemencénél, a rekuperatív típusú kemencéről oxy-tüzelőanyag tüzelésre való átállással kapcsolatos beruházási költség növekedést 1.5 millió EUR-ra becsülik, miközben az üzemeltetési költségek 250 000 EUR/év értékkel csökkennek, 0.10 EUR/m³ oxigén árat figyelembe véve. Ebben az esetben, a fajlagos költségek per tonna olvadt üveg 6 EUR/t értékre fog növekedni, és az NO_x eltávolítás költsége 3-3.25 EUR/kg NO_x-nak felel meg.
- **üveggyapotnál**, 125 t/nap kapacitású olvasztó kemencénél, az oxy-tüzelőanyag tüzelés alkalmazása kb. 100 EUR/t üveg fajlagos költséget mutat, a tőke/befektetés költségek (beleértve az értékcsökkenést és kamatokat) és az üzemeltetési költségek (beleértve az energiát, az alapanyagokat, a CO₂ kvótaegységeket, a hulladék elhelyezést, stb.) alapján számolva. A becslést 0.1 EUR/m³ leszállított oxigén árra alapozták, és az elektromos áram költsége bruttó 0.091 EUR/kWh. E kemence kapacitás fölött, úgy tűnik, hogy a levegő-tüzelőanyag tüzelés alkalmazása alacsonyabb fajlagos költségekkel jár. [115, EURIMA-ENTEC Costs evaluation 2008].

A különböző üvegeket, különböző üzemeltetési feltételek mellett gyártó létesítmények jelenlegi költség adatok példái a 3.20 Táblázatban vannak.

	Csomagoló üveg ⁽¹⁾	Speciális üveg ⁽²⁾	Speciális üveg ⁽³⁾
Tüzelőanyag	Földgáz	Földgáz	Földgáz
Kemence kapacitás	300 - 350 t/nap	50 t/nap	50 t/nap
Jelenlegi kihozatal	222 - 280 t/nap	40 t/nap	50 t/nap
Elektromos pótfűtés	nem	igen	igen
Üveg típus	Barna/zöld	Boroszilikát	Boroszilikát
Cserép	66% (átlag érték)	60%	40%
Fajlagos energia felhasználás ⁽⁴⁾	4.20 GJ/t üveg	6.72 GJ/t üveg	10.37 GJ/t üveg
Kapcsolódó kibocsátási szintek (AEL-ek)	0.23 kg/t üveg	1.42 kg/t üveg	6.67 kg/t üveg
Kapcsolódó költségek ⁽⁵⁾			
Oxigén termelés	Helyben, kriogén	Leszállított, kriogén	Helyben, kriogén
Elektromos energia költség	0.05 EUR/kWh	0.065 EUR/kWh	0.065 EUR/kWh
Oxigén szállítási költség	0.046 EUR/m ³	0.11 EUR/m ³	0.065 EUR/m ³
Földgáz ár	0.0193 EUR/kWh	0.025 EUR/kWh	0.025 EUR/kWh
Oxy-tüzelőanyag olvasztás fajlagos költségek	9.97 EUR/t üveg (átlag érték)		~23 EUR/t üveg
Teljes beruházási költség a teljes üzem amortizációjával	34.2 EUR/t üveg	93.46 EUR/t üveg	90.73 EUR/t üveg
Kamat	6%		
Szerviz idő	12 év		
Becsült költség egy hasonló hagyományos regeneratív kemencére	40.2 EUR/t üveg ⁽⁶⁾	120.13 EUR/t üveg	142.36 EUR/t üveg
Becsült különbség	-15%	-22%	-36%
1. A létesítménynek két kemencéje van. A hőhasznosító rendszer a zsákos szűrő előtt van elhelyezve. A cserép és energia felhasználás értékei a két kemence közép átlaga. 2. A költségek az üzemvezetés szóbeli információja alapján lettek megbecsülve. 3. A költségek az elérhető információk alapján lettek megbecsülve. Az elektromos pótfűtés alkalmazásával kapcsolatos költségeket nem tartalmazza a számítás. 4. Az energia felhasználási adatok nincsenek korrigálva az elsődleges energiára. 5. A költség adatok a levegő szennyezés szabályozó rendszer üzembe helyezési évére vonatkoznak és szükségszerűen nem mutatják a jelenlegi költségeket. 6. A költségek a teljes üzemi amortizációt tartalmazzák.			

3.20 Táblázat: A csomagoló és speciális üveg szektoroknál alkalmazott oxy-tüzelőanyag olvasztás becsült költségek példái

[75, Germany HVG Glass Industry report 2007]

Alkalmazási hajtóerő

Az oxy-tüzelőanyag olvasztás egy olyan elsődleges technika, amelyet az NO_x kibocsátások, és néhány esetben, egyéb levegőbe történő kibocsátások (részecske) csökkentésére alkalmaznak. Az oxy-tüzelőanyag olvasztás üvegipari alkalmazását (speciális üveg, folyamatos üvegrost, ásványgyapot) az olvasztási folyamat jó műszaki és gazdasági megoldásának tekintik. Az energia felhasználás csökkenése alkalmazási hajtóerő lehet az oxy-tüzelőanyag olvasztás ezen szektorok kemencéire.

Az üvegfritt szektorban, az oxy-tüzelőanyag tüzeléssel kapcsolatos NO_x eltávolítás hatékonysága kb. 20-45%. Ezért ezt a technikát ebben a szektorban az olvasztási folyamat jó alternatívájának tekintik. [99, ITC-C080186 2008]

Minta gyárak

- Pilkington-LOF, Ohio, US – float üveg
- Ardagh Glas, Moerdijk, Hollandia – csomagoló üveg
- Ardagh Glass, Obernkirchen, Germany - csomagoló üveg
- O-I Europe, Leerdam, Hollandia – csomagoló üveg
- O-I Europe, Schiedam, Hollandia – csomagoló üveg
- Vetrobalsamo, Sesto S.Giovanni, Olaszország – csomagoló üveg
- PPG Industries, Hoogezand, Hollandia – folyamatos üvegrost
- PPG Fiber Glass, Wigan, Egyesült Királyság – folyamatos üvegrost
- OCV Reinforcements – Vado Ligure, Olaszország – folyamatos üvegrost
- Gerresheimer Pisa, Pisa, Olaszország – boroszilikát üvegcsövek
- Schott Glas, Mainz, Németország – speciális üveg
- Philips Lightning, Franciaország, Lengyelország, Hollandia – fényforrás üveg
- Owens Corning Building Products (UK) Ltd. Cwmbran, Egyesült Királyság – üveggyapot
- James Kent Ltd, Stoke-on Trent, Egyesült Királyság – fritt
- Saint Gobain Desjonqueres, Mers, Franciaország – csomagoló üveg
- Orrefors Kosta Boda, Svédország – <5 t/nap kristályüveg
- Verrerie de La Rochère, Franciaország – 17 t/nap mésznátron
- Nachtman, Németország – 9 t/nap ólomkristály.

Referencia irodalom

[4, EPA 1994] [7, Ind.duVerre 1996] [tm29 Infomil] [30, Infomil 1998] [tm8 S23.03] [9, S2 3.03 1996] [tm32 Beerkens] [private communication BOC] [33, Beerkens 1999] [tm17 Ercole] [18, Ercole 1998] [tm45 Illy] [46, Illy et al. 1998] [19, CPIV 1998] [75, Germany-HVG Glass Industry report 2007] [78, DUTCH oxi-firing furnaces 2007] [79, TNO OxyFiring2005ATIVFinal 2005] [88, FEVE Proposal Ch.4-NOx 2007] [91, ITC - C071304 2007] [92, ITC - C071603 2007], [94, Beerkens - APC Evaluation 2008],
REFERENCE_BOOKMARK_8350[98, ANFFECC Position of the Frit Sector 2005] [99, ITCC080186 2008]
[e.g. tm3 EPA, tm6 NOx Ind.duVerre], [115, EURIMA-ENTEC Costs evaluation 2008]

3.4.2.6 Kémiai redukció tüzelőanyaggal (CRF)

A tüzelőanyaggal történő kémiai redukció (CRF) azokat a technikákat jelenti, amelyek során tüzelőanyagot adnak a füstgázhoz az NO_x sorozatos kémiai reakciókon keresztül végbemenő, N₂-vé történő redukálására. A tüzelőanyag nem ég el, hanem pirolizál, hogy olyan gyökök képződjenek, amelyek reakcióba lépnek a füstgáz összetevőivel, hogy végül H₂O és N₂ képződjön. Az üvegipari alkalmazásra kifejlesztett két legfontosabb technika a „3R” eljárás és az utóégetési eljárás. Jelenleg mindkét technika alkalmazása a regeneratív kemencékre korlátozódik. A „3R” eljárást már teljes egészében alkalmazhatóvá tették az iparágban, de jelen dokumentum készítésekor (2010), az utóégetési eljárás üvegipari alkalmazhatóságát még nem igazolták.

A folyamat olyan kémiai reakciók sorozatán alapul, amelyek a bejuttatott fosszilis tüzelőanyag és a füstgázban jelenlévő nitrogén-oxidok között játszódnak le.

A folyamat első lépése alatt hőbomlás révén szénhidrogén gyökök (CH_x) képződnek abban a zónában, ahová a tüzelőanyagot (általában földgáz) bejuttatták.

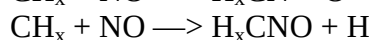
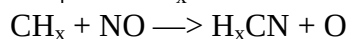
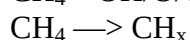
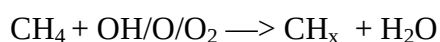
A gyökök a kemencében képződött NO_x-el reagálnak, hogy olyan nitrogén vegyületeket képezzenek, mint a HCN és NH₃. A kialakult vegyületek gyorsan reagálnak más, elsődleges NO molekulákkal, hogy molekuláris nitrogént (N₂) képezzenek. Az utóégető tüzelőanyag füstgázzal való keveredésének és reagálásának lehetővé tétele után, kiégető levegőt juttatnak be, hogy az utóégetőben a tüzelőanyag égése tökéletessé váljon. A kiégető zónában maradó bármilyen redukált nitrogén vegyület molekuláris nitrogénné (N₂) alakul teljesen, vagy vissza NO-vá.

3.4.2.6.1 A „3R” eljárás

Leírás

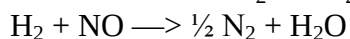
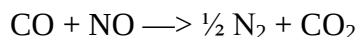
A „3R” eljárás alapja a szénhidrogén tüzelőanyag (pl. földgáz vagy olaj) ellenőrzött beadagolása a füstgázáramba a regenerátorba való belépésekor. Ez a tüzelőanyag nem ég el, hanem disszociál és kémiaiilag redukálja a kemencében képződött NO_x-ot. A technológiát regeneratív kemencékben történő alkalmazásra fejlesztették ki, ahol a regenerátor biztosítja a reakciók végbemeneteléhez szükséges hőmérsékletet, turbulens keveredést és tartózkodási időt. Az eljárás neve, a „3R”, a regenerátorokban végbemenő reakcióra és redukcióra utal.

A „3R” eljárás két fő szakasza a deNO_x és kiégés. A deNO_x szakaszra két fő mechanizmus jellemző, az első, a 3R tüzelőanyag-gyökök és az NO reakciója. A gyökök (CH_x) főleg termikus bomlás útján (pirolízis) keletkeznek, amely nagyon gyorsan végbemegy, miután a tüzelőanyag a regenerátorba belép. Az e szakaszban történő legfontosabb reakciók:

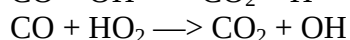
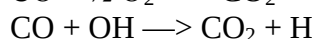
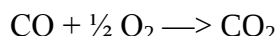


Ezek a reakciók nagyon gyorsak, és elsősorban a regenerátor kamra felső részében következnek be. Az NO_x csökkenés kb. 25%-a e reakciónak köszönhető.

A második mechanizmus akkor megy végbe, amikor a füstgázok a regenerátor rácsozatán haladnak keresztül, ahol a tartózkodási idő viszonylag hosszú. A CO és H₂ (elsődleges és 3R tüzelőanyagokból képződött) elég idővel rendelkezik, hogy kellően magas hőmérsékleten, a maradék NO többségét N₂-vé redukálja. Ez a reakció a regenerátor rendszer minden részében végbemehet, de túlnyomóan a rácspan megy végbe, és ennek a reakciónak köszönhető a 3R eljárással elért NO_x csökkentés nagy része. A legfontosabb reakciók:



Az eljárás második szakasza a redukált anyagok, elsősorban a reagálatlan CO és H₂ kiégetését jelenti. Ezeket az anyagokat a regenerátor alatt, az áramlásba ellenőrzött módon beadagolt levegő segítségével oxidálják. A legfontosabb reakciók a következők:



Elért környezetvédelmi előnyök

A regeneratív float üveg és csomagoló üveg kemencéknél, a 3R alkalmazásával elért kibocsátási szintek az 1.0-1.5 kg/olvadt üveg tartományba esnek az alkalmazástól függően.

70-85% közötti teljes NO_x csökkenés és egészen 500 mg/Nm^3 NO_x kibocsátási koncentráció, vagy még alacsonyabb szintek (száraz, 8% O_2) érhetők el a 3R technológia beszállítói által közzétett adatok szerint.

Környezeti elemek kereszthatások

A 3R fő hátrányai, hogy szénhidrogéneket alkalmaznak a szükséges NO_x kibocsátás csökkentésére, amely kapcsolódó költséggel jár és növeli a CO_2 kibocsátást. Ez azt jelenti, hogy előnyös lehet a 3R-t a hagyományos elsődleges NO_x csökkentési intézkedésekkel azért kombinálni, hogy csökkenjen a 3R tüzelőanyag igénye. Ám, ebben az esetben a teljes költséget és a kereszthatásokat kellene figyelembe venni a t NO_x csökkentett értéknél.

Ha hőhasznosító kazán van üzembe helyezve, és az újrahasznosított energia a helyszínen vagy annak körzetében felhasználható, akkor a 3R tüzelőanyag energiájának a legnagyobb részét hasznosítani lehet. Ilyen esetekben mindazonáltal, a teljes CO_2 növekedés minimális lesz; a 3R használata nem szükséges, hogy egy összességében költséghatékony hőhasznosító kazánt is magába foglaljon, de ahol már üzemel (vagy üzembe helyezését tervezik), a 3R előnyösen növeli a kemence azon terhelési kapacitását, amelyet a kazán hasznosít. Összességében, ez a helyi energiaigény lényeges csökkenéséhez vezet, és a más energiaforrások felhasználása (pl. fosszilis tüzelőanyagú kazánok) nagyban csökkenhet. Gyakran az üzem gőzigény hiánya adja a hasznosítható energiamennyiség fontos korlátját. Példaként, a csomagoló üveg szektorban, általában csak a tüzelőolaj melegítésére (amelyek melegítést igényelnek) használt helyszíni forróvíz kazánokat lehet megtalálni, bár napjainkban az egy pontban alkalmazott kazánoktól a sok helyszínen alkalmazott nyomvonal fűtés felé tolódik az irány.

Hulladékhő hasznosító nélkül, az extra tüzelőanyag igény általában az olvasztási energia kb. 7%-a. Ez 25-35 kg/t olvadt üveg CO_2 kibocsátás növekedést eredményez, vagy 4-6 t/t csökkentett NO_x -et. A kibocsátások becsült növekedése nem tartalmazza az extra közvetett CO_2 kibocsátást (100-tól 150 t/év), és azt az NO_x -el kapcsolatos további elektromos energiát, ami a ventilátorok megnövelt kapacitása miatt szükséges (megnövekedett füstgáz térfogat).

Gyakorlatban, a megkívánt NO_x csökkentés eléréséhez szükséges pontos tüzelőanyag igény a kemence speciális feltételeitől függően változhat. Pl., ha a kemencében oxidáló körülményekre van szükség, akkor a tüzelőanyag felhasználás magasabb lesz, mint amikor redukáló atmoszféra van.

A regenerátorok károsodása következhet be, ha a 3R-t nem megfelelően alkalmazzák és üzemeltetik. A füstgáz csökkentés a kondenzációból és a lerakódásból eredő megnövekedett korrózióhoz vezethet a regenerátorhoz használt tűzállóanyag típusától függően.

A technika fontos korlátja az, hogy az alkalmazása emeli a hőmérsékletet, ami a rácsokat károsíthatja.

Üzemeltetési adatok

A 3R-el elért NO_x csökkentés mértéke főként a beadagolt extra tüzelőanyag mennyiségétől függ, és amelyet a különböző kibocsátási előírásokhoz kell szabni. A technikával el lehet érni az 500 mg/Nm^3 alatti koncentrációt, a száraz térfogat 8% O_2 -nél. Mindazonáltal, az alkalmazást figyelmesen kell ellenőrizni, mert a regenerátor hőmérséklet megnövekedése, főleg bizonyos típusú tűzállóanyagoknál, a rács összeomlásához vezethet.

A 3R technika fő szempontjai alább vannak ismertetve:

- a tüzelőanyag beadagolás hőmérséklet tartománya jellemzően $>1300\text{-}1400^\circ\text{C}$, a regenerátorokba belépő forró füstgázokba
- nyilvánvalóan, az összes bejuttatott szénhidrogén CO_2 -vé és H_2O gőzzé alakul, a szabad oxigén mennyiségétől függ,
- jellemző NO_x kibocsátás csökkentés általában, a kiindulási értékekről 70-85%-os csökkenés érhető el, de alacsonyabb redukciós arányokat is közzé tettek már, ha kisebb volt a bejuttatott szénhidrogén mennyiség
- a 3R-hez szükséges extra tüzelőanyag mennyisége kb. 7-10%-a az olvasztó kemence tüzeléséhez használt teljes mennyiségnek, de a tipikus érték a 8%. Az 500 t/nap float üveg kemencénél, a pótlólagos tüzelőanyag felhasználás jellemzően $350\text{-}375 \text{ Nm}^3$ földgáz/óra között van. A 330 t/nap csomagoló üveg kemence extra tüzelőanyaga $125\text{-}150 \text{ Nm}^3$ földgáz/óra
- fajlagos energia felhasználás viszonylatában, a 3R alkalmazásával kapcsolatos energia felhasználás növekedését kb. 0.5 GJ/t float üveg, és 0.36 GJ/t csomagoló üveg értékekre becsülik
- a 3R-t illető további szempontok, a regenerátor tűzállóanyagai lehetnek, hogy nem viselik el a redukáló gázokat (CO , szénhidrogének és korom), vagy a redukáló jellegű vagy magas alkálifém koncentrációjú sólerakódásokat. A 3R alkalmazásnál néhány tűzállóanyag típust azért kell kerülni, hogy megelőzzük a regenerátorban a lehetséges károsodást és a lecsökkent élettartamot.

A 3R technika alkalmazásával kapcsolatos fő előnyök és hátrányok összegzését a 3.21 Táblázat mutatja be.

Előnyök

- lényeges NO_x csökkentések érhetők el
- a regeneratív kemencék legtöbbjénél alkalmazható (U-lángú kemencékre nincs alkalmazás)
- a kemence kialakításban vagy üzemeltetésben nagyobb változások nincsenek
- kis beruházási költségek
- a kemence leállítása nélkül alkalmazható
- nem igényel vegyszereket
- a megnövekedett tüzelőanyag felhasználást néhány esetben kompenzálni lehet hőhasznosítóval
- bármilyen forrásból képződő NO_x -et csökkent

Hátrányok:

- megnövekedett tüzelőanyag felhasználás (általában 7%, de ez hulladékhő hasznosítóval csökkenthető néhány esetben)
- megnövekedett CO_2 kibocsátások ($20\text{-}30 \text{ kg/t}$ olvadt üveg, de ez hulladékhő hasznosítóval csökkenthető néhány esetben)
- CO kibocsátások lehetősége
- gondok a regenerátor tűzállóanyagát érő hatások miatt néhány alkalmazásban
- nem alkalmazható nem regeneratív kemencéknél

3.21 Táblázat: A 3R technika fő előnyei és hátrányai

Alkalmazhatóság

A technikát úgy tekintik jelenleg, mint ami csak a regeneratív kemencékhez alkalmazható, de lehet használni mind új, mind meglévő üzemekhez, és vagy olaj vagy földgáz tüzelésű kemencékhez.

A 3R eljárást főként a float üvegipar alkalmazza, és csak nagyon kevés alkalmazás van más szektorokban.

Feltételezik, hogy a regenerátorokban kialakuló redukáló atmoszféra a tűzállóanyagok bizonyos típusait károsítani tudja, főleg ha magas hőmérséklet is tapasztalható. A technikával kapcsolatos legtöbb tapasztalatot a float üveg szektorból nyerték, amely a regenerátorokhoz egyre inkább magas minőségű tűzállóanyagokat használ. A tűzállóanyagok károsodásának valószínűsége nagyobb az alacsonyabb minőségű tűzállóanyagoknál (pl., amelyek Ca-t, Fe-t és Cr-t tartalmaznak), amelyek a csomagoló üveg szektornál találhatók. Ez nagyon eset specifikus, de lényeges költségekkel jár a meglévő tűzállóanyagok lecserélése nagyobb hőállóságú és kémiaiilag ellenállóbb anyagokra.

A technika fejlesztői úgy látják, hogy regenerátor módosításokra nem lesz szükség az esetek döntő többségében.

Gazdasági vonatkozások

A jellemző beruházási költségek 200 000 EUR-tól 350 000-ig terjednek, az égőhelyek számától és a kemence méretétől függően. Az üzemeltetési költségek főleg a regenerátor kamra felső részén beadagolt tüzelőanyag (gyakran földgáz) extra költségeiből állnak, ezért a tüzelőanyag áraktól erősen függenek. További költséget jelent a technológia használatért fizetendő licenc díj. A licenc díj kiszámítása elég komplex, de a licenc élettartama után ez jellemzően a 0.5 EUR/t olvadt üveg értéknek megfelelő.

A 3R eljárás alkalmazásával kapcsolatos, <500 mg/Nm³ NO_x-nek megfelelő elért kibocsátási szintek feltételezésén alapuló becsült költség adatok magukba foglalják:

Float üveg

- a beruházási költségeket, amelyek a kemence méretével együtt változik, kb. 310 000 EUR-tól (500 t/nap) 360 000 EUR-ig (900 t/nap)
- az extra földgázból és licenc díjból származó üzemeltetési költségek 1.06 millió EUR-tól 1.3 millió EUR per év értékre rúgnak
- a 2007-es földgáz árat alapul véve, a 3R eljárás alkalmazása 6-tól 6.25 EUR/t olvadt üveg fajlagos költséget eredményeznek egy 500 t/nap float üveg kemencénél, és kb. 5.5 EUR/t olvadt üveg értéket egy 650 t/nap kemencénél. A float üveg kemencék éves NO_x kibocsátás csökkenése jellemzően 700-1000 t NO_x/év a kemence mérettől és a kiindulási NO_x kibocsátástól függően.
- a költség adatok nem tartalmazzák a hulladékhő hasznosító kazánok hővisszanyerését.

Csomagoló üveg

A becsült költségek a 3R eljárás alkalmazása esetén a csomagoló üveg kemencére a következők:

- a beruházási költségek 185 000 EUR-tól (200 t/nap) 280 000 EUR-ig (600 t/nap) terjednek
- a jellemző üzemeltetési költségek 300 000 EUR/év a 200 t/nap kapacitású kemencére, és 780 000 EUR/év a 600 t/nap kapacitású kemencére. Ez 4.5 EUR/t olvadt üveg a kicsi és

közepes méretű csomagoló üveg kemencéknél, és 3.75 EUR/t olvadt üveg a nagyon nagy kemencéknél

- a számított költségek per kg NO_x kibocsátás csökkentés kb. 2.5 EUR/kg eltávolított NO_x. A kisebb csomagoló üveg kemencék (200-300 t/nap) elérhető kibocsátás csökkenése kb. 125-150 t NO_x/év, és egy 600 t/nap kapacitású kemencénél több, mint 300 t NO_x/év kibocsátást lehet csökkenteni
- a költség adatok nem tartalmazzák a hulladékhő hasznosító kazánok hővisszanyerését.

Az emelkedő tüzelőanyag költség és a megnövekedett CO₂ miatti büntetések valószínűleg hatással lesznek a 3R jövőbeni alkalmazására.

A 3.28 és a 3.29 Táblázatokban van bemutatva néhány 3R alkalmazás költségeinek és az elért NO_x kibocsátás eltávolításának összegzése.

Alkalmazási hajtóerő

Megfelelni a jogszabályi határértékeknek és az alacsony beruházási költségek előnye a fő hajtóerői e technika alkalmazásának.

Minta gyárak

2007-ben, legalább 14 kemencét látak el 3R berendezéssel.

Az alkalmazások elsősorban a float üveg szektorban vannak, és csak nagyon kevés van más szektornál.

Csomagoló üveg szektor:

- Rövid, sikeres tesztet hajtottak végre a United Glass-nál St. Helens-ben (ezt a gyárat 1998-ban bezárták). Az eljárás hosszútávú hatásait nem vizsgálták.

Float üveg szektor:

- Pilkington, G, Weiherhammer, Németország
- Pilkington, G, Gladbeck, Németország
- Pilkington, St. Helens, EK, float üveg – három kemence
- Pilkington, Finnország
- Pilkington, Svédország
- Pilkington, Marghera-Venice, Olaszország
- Pilkington, US, kettő float üveg kemence
- Interpane, Franciaország,
- Guardian, Luxemburg.

Speciális üveg szektor:

- Samsung Corning, Korea (TV üveg)

Referencia irodalom

[tm39 3R-update] [40, Shulver et al. 1997] [65, GEPVP-Proposals for GLS revision 2007] [85, Spanish BAT Glass Guide 2007] [94, Beerkens - APC Evaluation 2008]

3.4.2.7 Szelektív katalitikus redukció (SCR)

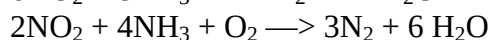
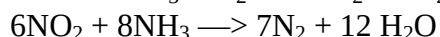
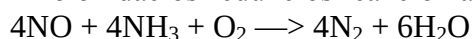
Leírás

Az SCR során az NO_x-et megfelelő hőmérsékleten, katalizátor ágyon ammóniával reagáltatják. Sok katalizátor létezik, és mindegyik szinte azonos hőmérsékleti tartományban működik. A leggyakoribb katalizátorok a vanádium- és a titán-oxidok (általában TiO₂ és V₂O₅) fém vagy kerámia hordozókon impregnálva. Zeolit molekulaszűrőket is lehet alkalmazni, ez esetben a reakció a mikroszkopikus porózus szerkezetben megy végbe. A zeolitok teljesítményét a fémek, például platina vagy palládium, szerkezetéhez való hozzáadásával lehet javítani. Minden katalizátor használatánál fontos a megfelelő működési hőmérséklet fenntartása, általában 200-500 °C között, a legoptimálisabb a 300-450 °C-os hőmérséklet.

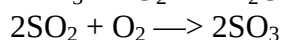
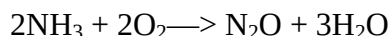
Az üvegiparban használt katalizátor egységek modulokból álló, méhsejt-szerkezetű elemek, de más iparágakban szemcsés vagy lemezes formákat is alkalmaznak. Az egység mérete a kezelt füstgáz mennyiségétől és az NO_x csökkentés kívánt mértékétől függ. Moduláris felépítés esetén az elemek egyszerűen cserélhetők, vagy újabb katalizátor is használható. A katalizátorok élettartama sok tényezőtől, de különösen a füstgáz összetételétől és a berendezés kialakításától függ. A legtöbb beszállító legalább három év élettartam garanciát vállal, de az ipari alkalmazások nagy részében 5-6 évig jelentősebb teljesítménycsökkenés nélkül lehet használni őket.

A rendszereket általában úgy tervezik, hogy 75-95%-os eltávolítási hatékonyságot érjenek el bár, a jellemző hosszútávú eltávolítási hatékonyságok 70 és 80% közé esnek.. Elméletileg az NO_x csökkentés hatékonysága az NH₃:NO_x molarányában növekszik, de ezt általában az 1:1 szint közelében tartják ahogy csak lehetséges, hogy az ammónia felesleg szökésének a lehetőségét minimalizálják. Az NO_x az NH₃-mal az alábbi reakciósorozat szerint reagál. Ezek a reakciók normál esetben 950 °C körül (lásd az SNCR pontot) mennek végbe, de a katalizátor jelenléte csökkenti a hőmérsékletet az NH₃ elnyelése által, amely a gázfázisban lévő NO-val reagál. Az ammóniát a katalizátor előtt, vagy folyékony NH₃-ként, vagy vizes oldatként permetezik be. Néhány alkalmazásban karbamidot használnak, de az üvegiparban nem kedvelik:

A fő oxidációs-redukciós reakciók a következők:



Számos nem kívánt reakció is végbemehet:



Az SCR eljárással az N₂O képződése csekély mértékű, és általában nem jelent problémát. Az SO₃ képződése és azt követően ammónium-biszulfáttá (NH₄HSO₄) történő reagálása azonban problematikus lehet, különösen magas kéntartalmú tüzelőanyagok esetén. Az ammónium-biszulfát a katalizátort megmérgezheti, és a berendezés elszennyeződését, korrózióját okozhatja. Bizonyos alkáli fémeket (pl. MgO, CaO, Na₂O, K₂O) vagy nehéz fémeket tartalmazó porok szintén katalizátor mérgekként működhetnek.

Habár léteznek olyan rendszerek, amelyeket magas porkoncentrációhoz fejlesztettek ki, üveggyártás esetén poreltávolító egységeket kell felszerelni az SCR berendezések elé. Ennek a berendezésnek a porkoncentrációt 10–15 mg/Nm³ értékre kell lecsökkentenie, és majdnem mindig elektrosztatikus porleválasztót használnak. Az alacsony hőmérsékleten üzemelő zsákos porszűrők után, a füstgázt újra fel kellene melegíteni a katalizátor reakció hőmérsékletére, ami nagymértékben megnövelné az üzemeltetési költségeket és többnyire megfizethetetlenül drága lenne. Levegőt is szükséges a katalizátor ágyon keresztül fűjni (kb. 2 óránként), hogy a lerakódó finom por általi eltömődéseket megakadályozzuk. Az elektrosztatikus porleválasztó alkalmazása sok esetben megkívánja a savas gázokat eltávolító rendszer telepítését is az elektrosztatikus porleválasztó elé.

Elért környezetvédelmi előnyök

Az elért NO_x kibocsátási szintek a belépő koncentrációtól és a katalizátor és a felhasznált ammónia mennyiségétől függenek. Az ammónia szintet többnyire azért tartják 1.1:1 arány alatt, hogy korlátozzák a lehetséges ammónia felesleg átjutását. Általában az üvegipar legtöbb alkalmazásánál, 500 mg/Nm³-nél alacsonyabb NO_x kibocsátásokat mérnek, pl. a csomagoló üveg és síküveg szektorban két-rétegű katalizátor alkalmazásával. 700 mg/Nm³ körüli magasabb értékeket olyan létesítményeknél közöltek, ahol egy rétegű katalizátort alkalmaztak.

Elméletben, elegendő mennyiségű katalizátor beadagolása esetén nagyon alacsony kibocsátási szintek lehetségesek, de a gyakorlatban számos olyan korlátozó tényező van, amelyek behatárolják a teljesítményt.

Nagyfokú, elsődleges NO_x kibocsátás csökkentési intézkedések nélkül, a jellemzőbb üvegkemence kibocsátások az 1200-tól 2000 mg/Nm³ tartományban lennének, és egy 80-90%-os csökkentés adna 200-500 mg/Nm³ és 0.5-1.0 kg/t olvadt üveg alatti értékeket a csomagoló üveg szektornál, és 1-1.5 kg/t a síküvegnél. Ha a 3.4.2.1 pontban leírt elsődleges intézkedésekkel kombinálják, akkor rendkívül alacsony számokat lehet elvárni, de ebben az esetben, az összes költséget és a keresztthatásokat is figyelembe kell venni, tonna csökkentett NO_x-ra vetítve.

Gyakorlatban, a csomagoló és síküveg alkalmazásokról közzé tett jelenlegi értékek a 400-800 mg/Nm³ tartományban vannak, az eltávolítás hatékonysága 70-80%-os mértékű, a kezdeti NO_x koncentrációtól függően. 5000 mg/Nm³ kezdeti NO_x koncentrációjú, a keverék összetételben nitrátokat használó speciális üveg gyártásnál kb. 900 mg/Nm³ értéket tettek közzé SCR technika alkalmazásánál. Ezek a számok 8-20 mg/Nm³ ammónia átszökés mellett adódnak, bár <30 mg/Nm³ értékek lettek közölve és elérve, amikor az NO_x koncentráció a tartomány alsó részében helyezkedett el, vagy amikor egyrétegű katalizátor rendszert alkalmaztak.

Környezeti elemek keresztthatások

Az SCR technika alkalmazásával kapcsolatos fő keresztthatások a lehetséges ammónia kibocsátások, az elektromos energia felhasználás és a katalizátor élettartama végén keletkező szilárd hulladék.

Az ammónia felhasználás nem csak a reakcióba nem lépett oldat átszökésével van kapcsolatban, hanem az ammónia termelésének, szállításának, tárolásának, és felhasználásának környezetvédelmi és jogszabályi biztonsági követelményeivel is (a nagyobb balesetek veszélyeinek megelőzésére és ellenőrzésére, beleértve a veszélyes anyagokat is, lásd

a 96/82/EC és 2003/105/EC Direktívákat). Az ammónia termeléssel kapcsolatos közvetett kibocsátásokat is tekintetbe kell venni.

Az SCR rendszerből a füstgázba átszökő ammónia normálisan kb. 30 mg/Nm³ alatti. 30 mg/Nm³ koncentráció értéket tettek közzé egy olyan float üveg üzemben alkalmazott egyrétegű katalizátoros SCR-nél, ahol a kiindulási NO_x szint 2400 mg/Nm³ volt, és 71% az eltávolítási hatékonyság. 33 mg/Nm³ koncentrációt tettek közzé egy float üveg kemencén alkalmazott kétrétegű katalizátorra, egy alacsony, rövidtávú kb. 340 mg/Nm³ értékű NO_x koncentrációval kapcsolatban.

20 mg/Nm³ ammónia kibocsátásról számoltak be egy olyan speciális üveg kemencénél, ahol a kiindulási NO_x koncentráció 5278 mg/Nm³ volt, és 80% az eltávolítási hatékonyság.

Normál esetben, egy további katalizátor réteg le tudja csökkenteni az ammónia átszökést, és növeli az alacsonyabb NO_x kibocsátások lehetőségét (a teljes NO_x eltávolítás >80%). Mindazonáltal, a megnövekedett teljesítmény egy olyan további költségnövekedésből adódik, amelyet figyelembe kell venni.

Egy extra katalizátor réteg hozzáadás kb. 0.6-tól 0.8 EUR/t olvadt üveg költségnövekedést jelent, és további 100 mg NO_x/Nm³ csökkenést hoz. Az extra költségek kb. 2.2 EUR/kg további NO_x csökkentés lenne, beleértve a katalizátor és a megnövelt kapacitású ventilátor extra elektromos energia költségeinek összegét.

Az elektromos áram felhasználás (extra ventilátor és sűrített levegő a katalizátor modulok tisztításához és az ammónia oldat füstgázba permetezéséhez) és az ammónia felhasználás a közvetett kibocsátásokkal kapcsolatosak. A float üveg kemencékhez alkalmazott SCR technikára elvégzett becslés 1.8-tól 2.5 t közvetett NO_x/év, és 800-tól 1500 t CO₂/év kibocsátásokat ad, a float üveg kemence méretétől függően. A közvetett NO_x kibocsátások az SCR-el csökkentett NO_x mennyiségnek csak a 0.3-tól 0.5%-át jelentik (600-tól 1300 t/év, 500 és 600 t/nap float üveg olvasztó kemencéknél), és a közvetett CO₂ kibocsátások az üveg kemence CO₂ kibocsátásának nem egészen 1%-a.

A hulladékanyag akkor keletkezik, amikor a katalizátort fel kell újítani az élettartama után. A jellemző katalizátor élettartam 4-5 év (>5 év értéket a csomagoló üvegnél tettek közzé) és a keletkezett hulladék térfogata 20 m³ lehet egy 700 t/nap float üveg kemencénél.

Üzemeltetési adatok

A legtöbb üvegipari alkalmazásban, az SCR-t a helyi alkalmazandó jogszabályokkal összhangban szokták használni, amelyik többnyire nem magasabb, mint 500 mg/Nm³. Az SCR-el egyszerűen elérhető határértékek <500 mg/Nm³ (<800 mg/Nm³ magas belépő koncentrációnál). A jelenlegi üzemeltetési adatokra mind az NO_x, mind a maradék ammónia kibocsátásokra vonatkozó meglévő jogszabályok hatással vannak.

Néhány iparágban, <200 mg/Nm³ értékeket értek el, és nem megalapozatlan e szint körüli számokat elvárni néhány esetben, az üvegiparban is. Mindazonáltal, ki kell hangsúlyozni, hogy az írás időpontjában (2010), ezen alacsonyabb értékeket még a gyakorlatban nem érték el az üvegiparban, és ebbe mind műszaki, mind gazdasági vonatkozásokat bele kell érteni.

A technika meglévő üvegipari alkalmazásainak legtöbbször 70-80%-os mértékű csökkentést értek el, de a 80-95%-ot is potenciálisan el lehet érni, főként egy új létesítménynél, nagyobb katalizátor mennyiségekkel (pl. a katalizátor modulok második rétegével).

Jelenleg, a csomagoló üveg és float üveg kemencékre e technika legjobb értékei 460-500 mg/Nm³ voltak úgy, hogy az SCR-t követő folyamatokból az NH₃ nem lépte túl a 30 mg/Nm³ értéket.

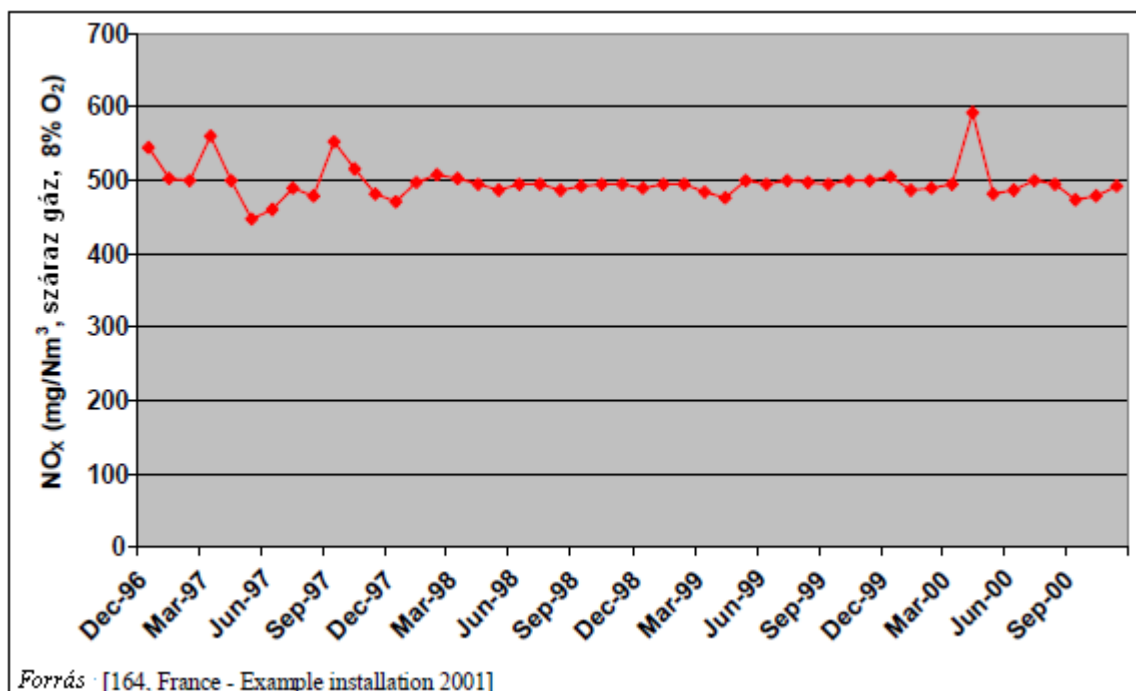
A csomagoló üveget, síküveget és speciális üveget gyártó minta létesítmények adatait, ahol SCR technikát alkalmaznak ESP-vel és egy száraz mosó lépcsővel a 3.22 Táblázat mutatja.

	Csomagoló üveg⁽¹⁾	Síküveg⁽²⁾	Speciális üveg⁽³⁾
Tüzelőanyag	Földgáz	Földgáz	Földgáz/könnyű tüzelőolaj
Kemence típus	U-lángú (négy kemence)	Float	Keresztültüzelésű regeneratív
Teljes kihozatal	640 t/nap	600 t/nap	170 t/nap
SCR létesítmény	Kétrétegű méhsejt katalizátor	Egyrétegű méhsejt katalizátor	10 m ³ -es méhsejt katalizátor
Redukálószer	25%-os ammónia oldat	25%-os ammónia oldat	25%-os ammónia oldat
Redukálószer felhasználás	145 l/óra	200 l/óra	Nem elérhető
Kapcsolódó kibocsátási szintek (AEL-ek)	Félórás átlag értékek	Félórás átlag értékek	Félórás átlag értékek
NO_x			
mg/Nm ³ (szárazgáz, 8% O ₂ -nél)	456	700	950
kg/t üveg	0.97 ⁽⁴⁾	1.12	6.05
NO _x eltávolítási hatékonyság	75%	71%	82%
Ammónia kibocsátás			
(mg/Nm ³ szárazgáz, 8% O ₂ -nél)	19.5	<30 ⁽⁵⁾	20
1. A létesítmény négy kemencéből áll. 2. A berendezés NO _x , NH ₃ és más paraméterek folyamatos felügyeletével van felszerelve. 3. A berendezés hőhasznosító rendszerrel van felszerelve. A keverék összetétel nitrátokat tartalmaz. 4. Az érték számított a biztosított információkat (tömegáram, füstgáz térfogat, olvasztott üveg, kibocsátási koncentráció) alapul véve. 5. Az érték egyedi méréseken alapul. A kb.10 mg/Nm ³ átlagos koncentráció folyamatosan lett mérve.			

3.22 Táblázat: SCR technika alkalmazásával kapcsolatos NO_x kibocsátási szintek a minta berendezéseknél

[75, Germany-HVG Glass Industry report 2007] [84, Italy -Report 2007]

A 3.8 Ábra az SCR-el felszerelt float kemence időbeni NO_x koncentráció változását mutatja be. A számokban bemutatott adatok havi átlag értékekre utalnak, a folyamatosan mért NO_x koncentrációkból.



3.8 Ábra: SCR-el felszerelt float kemence időbeni NO_x koncentráció változása

Ugyanezen a float kemencén egy összehasonlító időszakra, szakaszos méréseket végzett egy tanúsított laboratórium. A mérési eredmények úgy koncentrációban (mg/Nm³, 8% O₂), mint tömeg kibocsátásban (kg/t olvadt üveg) meg vannak adva.

Dátum	NO _x kibocsátások ⁽¹⁾	
	mg/Nm ³ , 8% O ₂	kg/t olvadt üveg
97-február	485	1.15
98-április	419	1.01
98-november	372	0.91
99-április	433	1.04
99-október	375	0.92
00-április	343	0.84
00-november	411	1.00

1. Az értékek tanúsított laboratórium által, szakaszosan végzett mérésekre utalnak.

3.23 Táblázat: SCR-el felszerelt float kemence szakaszosan mért NO_x kibocsátásainak eredményei

Az SCR folyamathoz felhasznált NH₃ reagenst gyakran, előbb elpárologtatva, nyomás alatt permetezik be a füstgázba a katalizátorágy előtt. Vagy folyékony ammóniát, vagy vizes ammónia oldatot (25%-os többnyire) lehet alkalmazni. A folyékony ammónia veszélyes anyag, és a tárolása és a használata fontos költséggel és biztonsági kérdésekkel jár, beleértve a szomszédokra való odafigyelést is. A legtöbb üvegipari eljárásban, nem használnak ilyen vegyi anyagokat és a gyártók előnybe részesítik a vizes oldat alkalmazását, amelyik szintén gondos raktározást és kezelést igényel. A helyi sajátosságokat, főleg a lakóházak közelségét és az érzékeny környezetet is figyelembe kell venni.

Az SCR üzemeltetési hőmérsékletének 330 °C felett kell lennie, hogy az ammónium biszulfát (NH₄HSO₄) képződését elkerüljük. Ez a kondenzációs/lerakódó anyag elszennyezheti a katalizátor felületét és az SCR telepítést, és gyenge teljesítményhez vezet.

Ha ez a folyamat nem játszódik le, akkor a katalizátor élettartamának legalább 4-5 évnek kell lennie a legtöbb üvegkemencénél és füstgáz típusnál, de ennél sokkal hosszabb tartam (egészen 10 – 12 évig) nem volt.

Egy 700 t olvadt üveg/nap float üveg kemence (90 000 Nm³/óra füstgáz térfogat) katalizátor igényének jellemző térfogata 20 m³ (egy réteg). Normál esetben, 0.008 m³ katalizátort alkalmaznak NO_x tonnánként a kibocsátás csökkentésre, és a 4-5 éves periódus alatt alkalmazott 20 m³ a teljes NO_x kibocsátásokat kb. 2500-3000 t-val csökkenti az élettartama alatt.

A dupla réteg katalizátor alkalmazása javítani fogja az NO_x eltávolítás hatékonyságát és csökkenti az ammónia átszökést. Egy rétegnél az NO_x csökkentés kb. 75-80%-os, egy bizonyos ammónia beadagolási szinten. Az egy rétegű katalizátorral (1-1.3 m magas) alkalmazott magasabb ammónia beadagolási arány olyan mértékben megnöveli az ammónia átszökést, ami már elfogadhatatlanná válhat.

Az SCR technikával kapcsolatos fő előnyök és hátrányok összegzését a 3.24 Táblázat mutatja be.

Előnyök

- nagyon magas NO_x csökkentési hatékonyság
- az összes kemencéből származó NO_x-et csökkent, nem csak a termikus NO_x-et
- része lehet egy integrált légszennyezés szabályozási rendszernek
- néhány példa az üvegiparban a különböző üvegszektoroknál
- teljesítmény garancia gyakran kapható a beszállítótól

Hátrányok:

- a műszaki kérdések még nem teljesen vannak megoldva néhány alkalmazásban (pl. néhány bór tartalmú üvegnél)
- ammónia felhasználás és kibocsátás a levegőbe. Az ammónia előállításával kapcsolatos kereszthatásokat és a raktározás és a kezelés környezeti és biztonsági vonatkozásait figyelembe kell venni.
- a rendszer energiát használ fel
- porcsökkentővel és savas gázmosóval kell telepíteni, alacsony por és SO₂ szinteket igényel
- viszonylag nagy beruházási költség, főleg kis üzemeknél
- nagy helyigény
- más olcsóbb technikák fejlesztése kikezdte a viszonylagos költség előnyt
- gondok a katalizátor élettartamának fenntartásával
- lehetséges reakciók az SCR katalizátora és más kibocsátások között (pl. SO₂)
- az üzemeltetési hőmérséklet korlátozza a hőhasznosítási lehetőségeket
- rekuperatív kemencéknél gáz hűtésre lehet szükség
- a megkívánt minimális üzemeltetési hőmérséklet miatt, az SCR nem kompatibilis a zsákos szűrőkkel, hacsak a hulladékgázt újra nem melegítik.

3.24 Táblázat: Az SCR technika fő előnyei és hátrányai

Alkalmazhatóság

Elvileg, az SCR-t a legtöbb új és meglévő eljárásban alkalmazni lehet az üvegiparban. Noha, számos olyan dolog van, amely komolyan korlátozza e technika alkalmazhatóságát bizonyos esetekben.

A füstgáz magas SO_2 szintje ammónium-biszulfát képződést eredményezhet, amely mérgezi a katalizátort, és korróziót okoz. Ez potenciálisan szintén igaz a magas szulfát szinttel rendelkező gáztüzelésű kemencékre is. E probléma elkerülésére a füstgáz hőmérsékletét 330°C fölött kell tartanai. Az SCR költségek fontos tényezői közül egyik a katalizátor élettartam, amelyik jelentősen lerövidülhet, ha szennyeződés történik.

Az SCR-t az energiaipar azért alkalmazta, hogy a magas SO_2 koncentrációkat lekezeljék, és a berendezés előtt alkalmazott hatékony füstgáz kéntelenítő technikával oldották meg problémát. Az üvegiparban jelenleg használt gázmosó rendszer SO_2 eltávolítási hatékonysága valószínűleg nem megfelelő az SCR-hez. A hatékonyabb SO_2 eltávolítás jelentős költségeket adna, és megnehezítené az összegyűjtött anyagok kemencében való újrahasznosítását, egy további hulladékáramot képezve így. Több információ a 3.4.3 pontban van megadva.

Mindazonáltal, sikeres tapasztalatról számoltak be olaj-tüzelésű kemence SCR alkalmazásánál. Ez azt sugallhatja, hogy a tüzelőolaj használata tovább már nem korlátozó tényező az SCR üzembe helyezésénél; de ezt a nézőpontot alaposabban meg kell vizsgálni.

Az SCR-nek nagy a helyigénye főleg akkor, ha a mosó és szűrő egységeket még nem helyezték üzembe. Néhány meglévő üzemnél, ahol kevés a hely, ez a technika költségeihez jelentősen hozzáadódna vagy megfizethetetlenül megdrágítaná néhány esetben.

Az SCR alkalmazásának egy másik fontos tényezője a füstgáz hőmérséklet. Általában nem hasznos az SCR-t zsákos szűrővel együtt használni, mert az alacsony hőmérséklet, $180\text{--}220^\circ\text{C}$ tartományban, füstgáz újramelegítését tenne szükségessé. A gáz kb. 400°C -ra való felmelegítésének a költsége az üveg olvasztó kemence energia beviteléhez viszonyítva általában elviselhetetlenül drága, 5-10% nagyságú energia felhasználás növekedés miatt.

Am ESP szűrés esetén, a termelés nagy mértékű változásai miatt (pl. nagyon vékony float üveg termelés), a hőmérséklet tartomány túl alacsonnyá válhat, negatívan befolyásolva az SCR rendszer hatékonyságát.

Az SCR is nagyon alacsony por szintet igényel (előnyös a $<10\text{ mg/Nm}^3$), és ha a meglévő ESP nem megfelelő, akkor megnövelése vagy cseréje lesz szükséges.

A fent említett alkalmazhatósági korlátokon kívül, más technikákhoz viszonyított költség az, ami az üvegiparban keresztül húzza az SCR-t. A 3.29 és 3.30 Táblázatban az NO_x csökkentés különböző technikáival kapcsolatos költségek vannak bemutatva. Az elsődleges intézkedésekhez hasonlítva az SCR viszonylag drága technika. Az elmúlt években, minden ilyen technikát jelentősen fejlesztettek, és sok olyan alkalmazásnál, ahol a csökkentendő kibocsátás 2500 mg/Nm^3 alatt volt (vagyis nem adagoltak be nitrátokat vagy nagyon magas hőmérséklet szükséges), általában nem az SCR-t tekintették a legköltséghatékonyabb technikának az üvegiparban az NO_x kibocsátás csökkentésre, noha az energia költségek növekedése vonzóvá teheti ezt a technikát más lehetőségekhez képest (pl. CRF, vagy néhány olyan alkalmazás, ahol a belépő koncentrációk nagyon magasak).

Jelenleg is végeznek néhány tesztet egy kerámiaszűrőbe ágyazott speciális katalizátorral (CerCat füstgáz kezelő rendszer) ellátott üvegekemencén, amelyik a kb. 400°C -os hőmérsékletnek képes ellenállni. Mindazonáltal, ezt még kialakulóban lévő technikaként kezelik, mivel még csak a próbatesztek lettek elvégezve az üvegiparban, és ezen technika teljes ipari léptékű alkalmazásával kapcsolatos adatok még nem elérhetők.

Az SCR technikát kipróbálták bizonyos magas bórtartalmú üvegeknél (gyógyszeres boroszilikát csövek), de még sohasem próbálták ki üveggyapotnál vagy folyamatos üvegrostnál. Ezen eljárásoknál lehetséges probléma a füstgázban lévő illó bórtartalmú vegyületek jelenléte (főleg bórsav). Ezek az anyagok sókat vagy savas anyagokat képezve kondenzálódhatnak, amelyek 60 °C és az SCR hőmérséklet között valószínűleg nagy mennyiségben vannak jelen. Ezek az anyagok komolyan befolyásolhatják a katalizátor teljesítményét, és nehéz lenne őket korom lefúvatással eltávolítani.

A keverék összetételében nagy kálium tartalommal rendelkező, háztartási üveget gyártó üzemek SCR alkalmazása problematikus lehet a katalizátor illó alkáli komponensek lehetséges mérgező hatása miatt.

Gazdasági vonatkozások

Az SCR költség főleg a kemence méretétől (kezelendő füstgáz térfogat) és az elvárt NO_x csökkentési hatékonyságtól függ. A technikáról általában azt tartják, hogy magas a beruházási és mérsékelt magas az üzemeltetési költsége. Mivel az SCR is egy integrált háromlépcsős csökkentési rendszer, a technika költségei nagyban függenek attól, hogy az ESP és a füstgázmosó költségei be vannak-e építve vagy sem. Néhány esetben, vitatható az, hogy SCR telepítése nélkül a kemencének nem lehet porcsökkentő berendezése, bár az esetek többségében ez egy lényeges követelmény.

A rendelkezésre álló költség információkat nem mindig könnyű megmagyarázni és ezek eléggé eset specifikusak. Az írás időpontjában (2010) elérhető információk az alábbiakban vannak összegezve.

Az üvegipar legtöbb SCR alkalmazását a float kemencéken helyezték üzembe, és csak korlátozott számban alkalmazták a csomagoló üveg kemencéknél. A 3.29 és 3.30 Táblázat jellemző költség szintek összegzését mutatja be (beruházási, üzemeltetési és fajlagos költségek/t olvadt üveg, és /kg NO_x kibocsátás csökkentés) számos float üveg kemencére, csomagoló üveg kemencére és asztali áru kemencék feltételezett SCR alkalmazásának becsült költségeire.

A tanulmányban található árak nem tartalmazzák a szükséges kéntelenítési és porcsökkentő berendezések megelőző üzembe helyezését.

A különböző üvegkemencék SCR alkalmazásainak költségeivel kapcsolatos további információk lentebb vannak megadva. Az üveg kemencéknél SCR alkalmazással kapcsolatos becsült költségeknél használt kapcsolódó kibocsátási szintek a 400-500 mg NO_x/Nm³ tartományban vannak.

A lentebb bemutatott költség adatok nem tartalmazzák a előzetesen igényelt kénmetesítési és a portalanítási berendezések üzembe helyezésével kapcsolatos beruházási és üzemeltetési költségeket.

Float üveg gyártás

- a jellemző beruházási költségek a katalizátort, a katalizátorházat, egy ventillátort vagy a ventillátor kapacitás növelését, hogy a katalizátor nyomásesését legyőzzük (kb. 10 mbar), az extra csatornákat, az ammónia oldat tárolását, az NO_x felügyeletet és a helyszíni biztonsági eszközöket foglalják magukba
- a teljes beruházási költség kb, 1.9-től 3.1 millió EUR a kemence méretétől függően (500–900 t/nap); a nagyobb szám a 900 t/nap float üveg termeléshez tartozik. A beruházási

költségek helyről helyre változnak a csatorna hosszától, a füstgáz térfogatától és a megteendő biztonsági intézkedésektől függően

- az üzemeltetési költségek főleg az ammónia oldatból (vagy karbamid), az elektromos energiából, a karbantartásból és a katalizátorból tevődnek össze. Az SCR-el kapcsolatos költségek egy katalizátor rétegre és kb. 1.2-1.4 m magasságú cat modulra vannak megadva
- a kezdeti feltételezésként alapul véve 1800-2000 mg/Nm³ NO_x kibocsátásokat a földgáz tüzelésű kemencénél, és 1400 mg/Nm³ SCR nélküli az olaj tüzelésű float üveg kemencénél, a float üveg kemencék éves üzemeltetési költségei kb. 331 000 (500 t/nap) és 450 000 EUR (900 t/nap) tartományba esnek. Az ammónia felhasználás és a kapcsolódó költségek növekednek, ha a csökkentés nélküli füstgáz NO_x koncentrációja magasabb. A 3.29 és 3.30 Táblázatban feltüntetett minták némi különbségeket mutatnak, a tisztítatlan füstgáz vagy más helyi speciális körülmények eltérő helyzete miatt az NO_x szintekben. A jellemző pótlólagos termelési költség a float üvegre kb. 2.5 EUR/t olvadt üveg. Kisebb float gyártási kapacitásoknál (<600 t/nap) és gáztüzelésnél, ezek akár 3 EUR/t üveg mértékűek is lehetnek.
- fajlagos költségek/kg NO_x kibocsátás csökkentés az SCR float üveg kemencénél való alkalmazásánál kb. 0.7-0.9 EUR/kg eltávolított NO_x.

Csomagoló üveg termelés

- a jellemző beruházási költség egy 200 t/nap kapacitású kemencénél kb. 840 000 EUR; 450 t/nap csomagoló üveg kemencénél, nagyobbak a beruházási költségek kb. 1.27 millió EUR. Egy fokozott füstgáz tisztító rendszer (pl. alacsony részecske és SO_x koncentrációk) további beruházást igényelhet.
- az éves üzemeltetési költség kb. 75 000-tól 80 000 EUR egy 200 t/nap kapacitású kemencénél, és az üzemeltetési költségek 136 000 EUR/év, egy nagyobb 450 t/nap kemencénél.
- nagyobb csomagoló üveg kemencéknél, a fajlagos költségek kb. 1.75-2.6 EUR/t olvadt üveg lenne
- a csomagoló üveg kemencéknek általában sokkal kisebb a füstgáz térfogata a nagyobb float üveg kemencékhez viszonyítva és alacsonyabb a fajlagos energia felhasználásuk. A kemence méretétől függően, a gyártás további költségei az 1.8-2.6 EUR/t olvadt üveg tartományban vannak, a kisebb érték a nagyobb kemencére vonatkozik.
- A fajlagos költségek/kg NO_x magasabbak a float üveg kemencékhez képest, 1.3-tól 1.7 EUR/kg eltávolított NO_x, a csomagoló üveg kemence méretétől függően. A kisebb üvegolvasztási kapacitással a fajlagos költségek növekednek

Háztartási üveg gyártás

Az SCR háztartási üveg szektor létesítményeiben való alkalmazásáról nincs speciális információ, mivel jelenleg ebben a szektorban, ez technika nincs alkalmazva. Az SCR háztartási üveg szektor létesítményeiben való alkalmazásának extrapolálással képzett beruházási és üzemeltetési költségei alább leírva lettek megbecsülve.

- egy kb. 35 t nap olvadt üveg termelésű asztali áru rekuperatív kemencénél, az SCR alkalmazása kb. 0.5 millió EUR-ba kerül (a helyszín előkészítését, az extra ventillátor kapacitást, az ammónia oldat tárolót beleértve), a max. 40 000 EUR/év-re becsült üzemeltetési költség mellett. A fajlagos költségek/t olvadt üveg értéket 8 EUR/t olvadt üveg értékre becsülik. Az NO_x kibocsátás csökkentés kb. 20-25 t/év lenne, és a fajlagos költség 4-4.5 EUR/kg eltávolított NO_x lenne

- egy nagyobb regeneratív asztali áru kemencénél, a beruházási költségek kb. 750 000-800 000 EUR, majdnem 5 EUR/t olvadt üveg fajlagos költségek és 1.4 EUR/kg NO_x kibocsátás csökkentés mellett. (lásd a 3.29 és 3.30 Táblázatot).

Általában, a katalizátor modulokból egy újabb réteg hozzáadása kb. 0.6-0.8 EUR/t olvadt üveg értékkel emeli meg normálisan az SCR alkalmazás költségét, és további 100 mg NO_x/Nm³ csökkenést von maga után. A kapcsolatos extra költségek kb. 2.2 EUR/bármilyen további kg NO_x kibocsátás csökkentésre, beleértve a katalizátor extra költségeit, plussz a megnövelt kapacitású ventilátor extra elektromos költségeit is.

A csomagoló üveg, síküveg és speciális üveg gyártó létesítmények jelenlegi költség adatainak példái a 3.25 Táblázatban vannak közzétéve.

	Csomagoló üveg ⁽¹⁾	Síküveg	Speciális üveg ⁽¹⁾
Tüzelőanyag	Földgáz	Földgáz	Földgáz/könnyű tüzelőolaj
Teljes kihozatal	640 t/nap	600 t/nap	170 t/nap
Kapcsolódó kibocsátási szintek (AEL-ek)	456 mg/Nm ³ 0.97 kg/t üveg	700 mg/Nm ³ 1.12 kg/t üveg	950 mg/Nm ³ 6.05 kg/t üveg
Kibocsátás szabályozó rendszer	25%-os ammónia oldat	25%-os ammónia oldat	25%-os ammónia oldat
Redukálószer felhasználás	SCR+ESP+száraz mosó Ca(OH) ₂ -vel	SCR+ESP+száraz mosó Ca(OH) ₂ -vel	SCR+ESP+száraz mosó Ca(OH) ₂ -vel
Kapcsolódó költségek ⁽¹⁾			
SCR beruházási költségek ammóniával együtt	2.35 millió EUR	nem elérhető	1.5 millió EUR
ESP+száraz mosó beruházási költségek	3.95 millió EUR	nem elérhető	2.8 millió EUR
Teljes beruházási költségek	6.3 millió EUR	5 millió EUR	4.3 millió EUR
Amortizációs időszak	13 év	nem elérhető	10 év
Éves amortizációs költségek SCR+ESP +száraz mosó	312 550 EUR/év + 525 350 EUR/év	nem elérhető	199 500 EUR/év + 372 400 EUR/év
Katalizátor fajlagos beruházási költségek	2.00 EUR/t üveg	nem elérhető	9.34 EUR/t üveg
Ammónia beszerzési költség	106 000 EUR/év	nem elérhető	nem elérhető
Kibocsátás szabályozó rendszer fajlagos beruházási költség	5.61 EUR/t üveg	4.5 EUR/t üveg	19.77 EUR/t üveg
1. A költségek tartalmazzák a kiegészítőket, ventilátort, ammóniatárolót, stb.. 2. A költségadatok a levegő szennyezés csökkentő rendszer üzembe helyezésnek évre vonatkoznak és nem szükségszerűen képviselik az aktuális költségeket.			

3.25 Táblázat: SCR technika alkalmazásával kapcsolatos NO_x kibocsátási szintek a csomagoló üveg, síküveg és speciális üveg gyártó minta berendezéseknél

[75, Germany-HVG Glass Industry report 2007] [84, Italy -Report 2007]

Alkalmazási hajtóerő

A fő alkalmazási hajtóerő megfelelni a jogi kibocsátási határértékeknek.

Minta gyárak

A 3.26 Táblázat az SCR technikával üzemelő gyárak listáját mutatja, az üzemeltetési paraméterek összesítésével.

Gyárnév és hely	Gáztérfogat Nm ³ /óra	Belépő mg/Nm ³	Kilépő mg/Nm ³	Csökkentés %	NH ₃ mg/Nm ³
Schott-Ruhrglas, Mitterteich, Germany (speciális üveg)	60000	5000	1500	70	<20
Euroglas SA, Homburg, France (float üveg)	55000	2000	500	75	<5
AGC Flat Glass Europe, Cuneo, Italy (float üveg)	70000	2400	700	71	<30
Ardag Bad Münder, Germany (csomagoló üveg)	60000	1300	<460	>65	19.5
Quinn glass, Ince, UK (csomagoló üveg)	50000	1100	<500	55	<30

3.26 Táblázat: SCR technikával üzemelő gyárak és üzemeltetési paramétereik

2007-ben összesen hét SCR technika volt üzemeltetve a síküveg szektorban, beleértve:

- Euroglas SA, Hombourg, Franciaország (float üveg)
- Euroglass SA, G.Osterwedding, Németország (float üveg)
- AGC Flat Glass Europe, Cuneo, Olaszország (float üveg)
- AGC Flat Glass Europe, Franciaország (float üveg)
- AGC Flat Glass Europe, Roux, Belgium (síküveg).
- Interpane Vitrage France S.à.r.l. Seinbouse (float üveg), 2007-ben kezdett SCR-el
- AGC Flat Glass Boussois, Franciaország.

További néhányat terveznek 2008-2009-re.

Referencia irodalom

[tm32 Beerkens] [33, Beerkens 1999] [tm47 French Submission] [47, ANFFECC 1999] [tm6 NO_x Ind.duVerre] [7, Ind.duVerre 1996] [65, GEPVP-Proposals for GLS revision 2007] [64, FEVE 2007] [88, FEVE Proposal Ch.4-NO_x 2007] [75, Germany-HVG Glass Industry report 2007] [94, Beerkens - APC Evaluation 2008] [84, Italy-ENEA Report 2007] [Schmalhorst, E.; Ernas, T.; Jeschke, R.: Experience with an SCR DeNO_x plant for container glass furnaces. Glastech. Ber. Glass Sci. Technol. 70 (1997) no. 11 pp. 354-358].

3.4.2.8 Szelektív nem katalitikus redukció (SNCR)

Leírás

A szelektív nem katalitikus redukció (SNCR) során, termikus DeNO_x eljárásként is ismert, a füstgázban található nitrogén-oxidokat nitrogénné redukálják azáltal, hogy magas hőmérsékleten ammóniával vagy karbamiddal reagáltatják. Az üvegiparban főként ammóniát vagy vizes ammóniát (jellemzően 25 tömeg %-os vizes oldatot) használnak, és csak néhány alkalmazásban használnak karbamidot. A kémia reakciók azonosak a fenti 3.4.2.7 pontban leírt SCR-re jellemző reakciókkal. A reakciók azonban magasabb hőmérsékleten, katalizátor nélkül mennek végbe. Az üzemelési hőmérséklet 900–1050 °C között van, de az ammónia számára a kb. 950 °C, és a karbamid számára az 1000 °C az optimális.

Néhány alkalmazásban lehetséges, hogy a hidrogén füstgázhoz adagolása segítheti, hogy a reakció alacsonyabb hőmérsékleten menjen végbe, de nem ismeretes ezen eljárás üvegipari alkalmazása. Az SNCR során az ammóniát a kemencéhez, az SCR-nél közelebbi helyen juttatják be, és általában hordozó gázt is alkalmaznak. A technika hatékonysága számos tényezőtől függ, a legfontosabbak a következők:

- hőmérséklet
- kezdeti NO_x koncentráció
- a reagens és a füstgáz egyenletes keveredése
- NO_x arányos ammónia; és
- reakció idő (1-2 másodperc szükséges) a 900-1050 °C hőmérséklet tartományban.

Különösen fontos a megfelelő hőmérséklet tartomány, mivel a 900 °C alatti hőmérsékleten az NH_3 bepermetezésnél az ammónia elszökhet, és csökken a hatékonyság, és 1050 °C feletti hőmérsékleten még több NO_x képződhet. Alapvető a reagens egyenletes eloszlásának biztosítása a füstgázban. A megfelelő hőmérséklet eléréséhez az ammónia injektor pozicionálása alapvető fontosságú, de előfordulhat, hogy a megfelelő hőmérsékletű zóna nem hozzáférhető, vagy az üzemeltetési feltételekkel együtt változik (pl. terhelésváltozások).

A megfelelő hőmérsékleti zóna helyzetének változása kiküszöbölhető, ha több ammónia injektort helyezünk el, de ez növeli a beruházási költségeket, és megvalósítása függ a hozzáférhetőségtől. Az egyenletes adagolás elérhető jó csatornakialakítással, és szükség esetén terelőlemezek vagy egyéb áramlást korrigáló eszközökkel.

Az eljárásnak az SCR-hez hasonló lehetséges működési problémái vannak: vagyis ammóniaszökés, N_2O képződés (karbamiddal nagyobb mértékű) és ammónium-biszulfát képződés. Az ammónium-biszulfát képződés nagyobb mértékű lehet, mint az SCR során, mert az üzemelési hőmérséklet a szűrők és tisztító berendezések előtti befecskendezést igényel. Nincs katalizátor, de az ammónium-biszulfát megtapadhat.

Mivel a reagens és a füstgáz egyenletes keveredése a szükséges hőmérséklet tartományon belül nagyon problematikus, az SNCR alkalmazásának lehetősége regeneratív típusú kemencéknél igen korlátozott.

Elért környezetvédelmi előnyök

A 40-70%-os tartományban lévő NO_x csökkentés a jellemző az SNCR-re, noha 80% feletti értékekről is adtak már számot, néhány, üvegiparon kívüli alkalmazásnál. A fő hatást okozó tényező az a fok lesz, amelyhez a teljesítményt befolyásoló tényezőket optimalizálni lehet. Olyan modern, jól szabályozott eljárásnál, ahol optimális feltételeket lehet elérni 50-75%-os csökkentések érhetők el.

Környezeti elemek kereszthatások

A fő problémák közül egy, az ammónia kibocsátás és ez korlátozó tényezője a technika hatékonyságának. Továbbá, az ammóniaszállítás és tárolás, biztonsági intézkedések jogszabályi követelményei ahhoz szükségesek, hogy az ammónia szivárgás és a tárolás alatti és a füstgázba való bepermetezés előtti NH_3 illó kibocsátások káros hatásait elkerüljük. Ezeknek a biztonsági témáknak szintén van pénzügyi hatásuk.

Az elektromos áramhoz (sűrített levegő, ammóniatermelés) felhasznált energiával kapcsolatos közvetett kibocsátásokat szintén figyelembe kell venni. Az SNCR alkalmazás energiafelhasználása kb. 1700 kWh/t csökkentett NO_x , amíg az ammónia előállításához

szükséges energia kb. 10 kWh/kg NH₃. Az elektromos energia termeléshez járuló közvetett kibocsátások (CO₂) rendkívül kicsik az üveg kemencék kibocsátásaihoz viszonyítva, a teljes kibocsátások 0.35%-a alatti.

Üzemeltetési adatok

A végső kibocsátások koncentrációja a kezdeti NO_x értéktől függ, és a legjobb eredmény akkor lesz elérhető, ha a technikát elsődleges csökkentési intézkedésekkel kombinálják. De ebben az esetben szükséges az összes költséget és a kereszthatást figyelembe venni, főleg a csökkentendő NO_x tonnájára vetítve. Például, az 1100 mg/Nm³ kezdeti koncentrációt 275-770 mg/Nm³ közé lehet csökkenteni az eljárás feltételeitől függően. A magas, 4000 mg/Nm³ kezdeti koncentrációt 1000-2800 mg/Nm³ közé lehet csökkenteni.

Az SNCR alkalmazásával kapcsolatos jellemző üzemeltetési adatok az alább vannak megadva.

SNCR ammóniaoldat használatával:

- ammónia átszökés: <10 mg/Nm³
- ammónia felhasználás: jellemzően, kb. 0.75 kg NH₃ szükséges 1 kg NO_x eltávolításához (NO₂-nek véve) feltételezve, hogy az eltávolítás hatékonysága 70%, az eredő kibocsátások 0.5-től 1 kg NO_x/t olvadt üveg, mész-nátron csomagoló üveg termelésnél.

SNCR karbamid használatával

- ammónia átszökés: <3 mg/Nm³
- karbamid felhasználás – jellemzően, kb. 1.4 kg karbamid szükséges 1 kg NO_x eltávolításához (NO₂-nek véve) feltételezve, hogy az eltávolítás hatékonysága 40%, az eredő kibocsátások 2.6 kg NO_x/t olvadt üveg (speciális üvegből TV képernyő, a keverékekben nitrátok).

Az SNCR technika alkalmazásával kapcsolatos fő előnyök és hátrányok összegzését a 3.27 Táblázat mutatja be.

Előnyök

- az SNCR jó NO_x eltávolítási hatékonyságot adhat, ha megfelelőek a körülmények
- alacsony beruházási költségek más alternatívákhoz képest
- nincs szükség katalizátorra
- kis energiaigény

Hátrányok:

- a megfelelő hőmérséklet határok közötti ammónia bepermetezés alapvető, de néha nehéz vagy nem praktikus ezt elérni (főleg regeneratív kemencéknél)
- az üzemeltetési hőmérséklet tartományon kívül, NH₃ vagy megnövekedett NO_x lehet az eredmény
- az egységes keveredés fontos és nehéz lehet elérni
- ammónia felhasználás és kibocsátás, és az anyag tárolása és kezelése környezetvédelmi és biztonsági gondokat jelent
- a regenerátor tűzállóanyag lehetséges károsodása miatti gondok

3.27 Táblázat: Az SNCR technika fő előnyei és hátrányai

Alkalmazhatóság

Elvileg, a technika az összes üveggyártásához alkalmazható, beleértve az új és a meglévő üzemeket is. Az SNCR alacsony beruházási költségeket igényel, és kevesebb helyet kíván, mint az SCR, vonzóbbá téve az eljárást ott, ahol a hely kevés. A technikát gázmosó és por eltávolító berendezés nélkül is lehet üzemeltetni. Ha megfelelőek az eljárás feltételei, az SNCR-t könnyebb utólag módosítani a meglévő üzemhez, mint az SCR-t. Mindazonáltal, a technikának vannak olyan tényezői is, amelyek korlátozzák az üvegipari alkalmazhatóságát. Ezek közül a legfontosabb, hogy a reagenst ott vezetik-e be a füstgázba, ahol a megfelelő hőmérsékletet lehet tartani a megfelelő reakcióidőhöz. Ez alapvető fontosságú a meglévő üzemeknél és regenerátoros kemencéknél.

Meglévő üzemben nehéz lehet elérni a helyes hőmérséklet tartomány beállítását vagy lehet, hogy ez olyan helyen van, ahol a gáz áram nehezzé teszi a reagenssel való jó keveredést. Sok esetben ezek a problémák megoldhatók vagy csökkenthetők, de ezek jelentős költség kiadással járhatnak és veszélyeztethetik az NO_x csökkentés hatékonyságát. A regeneratív kemencéknél a helyes hőmérséklet tartomány többnyire a regenerátorokon belül van, amely nagyon megnehezíti a hatékony ammónia beadagolást. Ez a probléma az osztott regenerátoroknál és a csatlakozásnál bejuttatott ammóniánál fordulhat elő. Egy új kemence kialakításába be lehet építeni az osztott regenerátorokat, míg a meglévő létesítményeknél a regenerátorok megosztása jelentős költségeket igényelhet, és csak átépítéskor lehet megcsinálni. Ám az osztott regenerátorok használatakor nehéz betartani az SNCR hőmérséklet tartományát a kamrák tüzelésváltása miatt, amelyek ciklikus hőmérsékletváltozást és kemence kihozatali arányváltozást okoznak.

A fent említett nehézségekre alapítva, az SNCR technikát általában könnyebb üzembe helyezni rekuperatív kemencéknél, mint regeneratív kemencéknél. Az SNCR-t gyakorlatilag nagyon valószínűtlen meglévő regeneratív kemencéknél alkalmazni, a költségek és az ezzel kapcsolatos nehézségek többnyire arra fogják rávenni a gyártót, hogy válasszon más NO_x kibocsátás csökkentő eszközt. Kisebb rekuperatív kemencéknél, az SNCR fajlagos költsége elég magas, és sok esetben az ipar valószínűleg más, költséghatékonyabb szabályozó intézkedéseket részesít előnybe. Bár ez a kívánatos teljesítmény szinttől függ.

Európában, az SNCR technikát jelenleg a speciális üveg szektorban alkalmazzák. A csomagoló üveg szektor (Németország) és a síküveg szektor (US) korábbi alkalmazásai már nem üzemelnek.

Gazdasági vonatkozások

A különböző méretű kemencék SNCR alkalmazásaival kapcsolatos becsült költségek lentebb vannak közzé téve és az NO_x eltávolítás más elérhető technikáival való összehasonlítás a 3.29 és 3.30 Táblázatban van bemutatva, a 450 és 500 mg NO_x/Nm^3 elérhető érték feltételezést alapul véve.

■ Csomagoló üveg gyártás

rekuperatív kemence, a 200-350 t/nap közötti kapacitású kemencék jellemző beruházási költségei a 680 000-900 000 EUR tartományban vannak. Az üzemeltetési költségeket 74 000 EUR/év értékben határozták meg egy 200 t/nap rekuperatív kemencére, és 97 000 EUR/év egy nagyobb 350 t/nap kemencére. A fajlagos költségek 1.9-2.3 EUR/t üveg tartományban vannak, a nagyobb szám a kisebb kemencére (200 t/nap) vonatkozik. A költségek/kg eltávolított NO_x 2.1-2.5 EUR/kg eltávolított NO_x , amelyik magasabb, mint az SCR alkalmazásánál, az SNCR alacsonyabb ammónia konverzió hatékonysága miatt

- *Speciális üveg gyártás*
oxy-tüzelőanyag tüzelésű kemencék, a keverék összetételben nitrátokat alkalmazva, a fajlagos költségeket a 3-4 EUR/t üveg tartományra becsülik és 1 EUR/kg csökkentett NO_x. A viszonylag alacsony költség/t csökkentett NO_x az oxy-tüzelőanyag tüzelésű kemencék füstgázának magas kezdeti koncentráció szintjeinek köszönhető
- *Folyamatos üvegrost gyártás*
rekuperatív kemence, nem ismeretes ilyen alkalmazás ebben a szektorban. Egy 100 t/nap kapacitású kemence lehetséges SNCR alkalmazásának becsült költségei, 600 000-625 000 EUR beruházási költség, 65 000-70 000 EUR/év üzemeltetési költséggel. Az SNCR használata a termelés fajlagos költségeit 4-4.25 EUR/t üveg értékre emelné.

A 3.29 Táblázat a DeNO_x technológiák költségeinek összehasonlítását mutatja be, amiből négy eset SNCR. Néhány adatot csak megbecsültek és nem létező alkalmazásokra vonatkoznak.

Alkalmazási hajtóerő

Kisebbségi költségek és kevesebb hely szükséges, mint az SCR alkalmazásnál, amelyek a hajtóerőt jelentik e technika üzembe helyezésére.

Minta gyárak

- Schott Glas AG, Mainz, Németország, öt oxigén-tüzelésű kemencéhez alkalmazva (speciális üveg gyártás)
- Osram, Augsburg, Németország, (fényforrás üveg).

Referencia irodalom

[tm32 Beerkens] [33, Beerkens 1999] [94, Beerkens - APC Evaluation 2008] [75, Germany-HVG Glass Industry report 2007] Lubitz G [Langzeiterfahrungen mit dem SNCR-DeNO_x-Prozess an einer rekuperativ beheizten Behälterglaswanne - Vortrag v. d. Fachausschuss VI d. DGG (Umweltschutz) am 10. März 2004 in Würzburg].

Ebben a fejezetben leírt fő NO_x csökkentési technikák költségei vannak összehasonlítva alább.

A lent megadott információk a következő NO_x csökkentési technikákat veszik tekintetbe:

1. Elsődleges intézkedések:
 - alacsony NO_x intézkedések alap csomagja
 - alacsony NO_x intézkedések kibővített csomagja
 - oxy-tüzelőanyag tüzelés
2. Másodlagos intézkedések
 - SCR eljárás
 - 3R eljárás
 - SNCR eljárás

A 3.28 Táblázat az alacsony NO_x intézkedések alap csomagjára mutat be költség (beruházási és üzemeltetési) példákat a kemence kialakítások megváltoztatása nélkül, float üveg, csomagoló üveg és asztali áru szektorok kemencéire.

A 3.28 Táblázatban szerepeltetett adatok a kemence kialakítások megváltoztatásának (teljesen új kemencét feltételezve) és a tüzelés szabályozásnak, oxigén érzékelőknek és beállítható égőknek a költségeit is tartalmazzák.

Az alábbi 3.28 Táblázat az oxy-tüzelés elemzett eseteit mutatja be összehasonlítva a regeneratív kemencékkel, az (a) részben és a rekuperatív kemencékkel, a (b) részben.

(1)	Költségek						Belső kibocsátások	Külső kibocsátások (közvetett)		
Elsődleges intézkedések NO _x kibocsátás csökkentés	Beruházás	Beruházás /év	Üzemeltetés/év	Fajlagos költségek	Δ NO _x	Fajlagos költség	Δ CO ₂ belső	Δ NO _x külső	Δ SO ₂ belső	Δ CO ₂ külső
	EUR	EUR/év	EUR/év	EUR/olvadt tonna	tonna/év	EUR/kg NO _x	tonna/év	tonna/év	tonna/év	tonna/év
Alacsony NO_x alap										
Float üveg 500 t/nap gáz 1050mg NO _x /Nm ³ -ig	660000	89600	64000	0.84	-337	0.45				
Float üveg 500 t/nap olaj égő 900mg NO _x /Nm ³	1010000	137000	79000	1.14	-337	0.64				
Float üveg 900 t/nap gáz 1050mg NO _x /Nm ³ -ig	810000	110100	81000	0.58	-555	0.35				
Csomagoló üveg 200t/nap gáz, U-lángú	230000	31250	24000	0.59	-60.3	1.07				
Csomagoló üveg 300t/nap gáz, U-lángú	285000	38700	26000	0.59	-60.3	1.07				
Csomagoló üveg 450t/nap gáz, U-lángú 1050-1100 mg NO _x /Nm ³	330000	44850	31500	0.47	-90.5	0.84				
Csomagoló üveg 450t/nap gáz kereszttüzelés	700000	95000	72500	1.02	-130	1.3				
Asztali áru 186 t/nap alap plusz elsődleges intézkedések	123000	16712	30711	0.7	-82.3	0.58				
Alacsony NO_x kibővített (megemelt boltozat magasság, nagyobb égők, kialakítás megváltoztatás)										
Float üveg 700 t/nap	2660000	361000	64000	2.33	-551	0.77				
Float üveg 900 t/nap gáz 900mg NO _x /Nm ³ -ig	3810000	517660	81000	1.82	-906	0.66				
Csomagoló üveg 200t/nap 750 mg NO _x /Nm ³ -ig	700000	95108	24000	1.63	-82	1.45				
Csomagoló üveg 300t/nap	885000	120240	26000	1.34	-112	1.31				
Csomagoló üveg 450t/nap	1080000	147000	31500	1.09	-168	1.06				
Asztali áru 150t/nap elektromos pótűtést beleértve	1000000	135900	163500	8	-711	0.42				
a. Oxy-tüzelőanyag tüzelés extra költségek / megtakarítások regeneratív kemencékhez képest										
Float üveg 500t/nap, szilika boltozat	-7500000	-1290000	2540000	6.83	-410	3.03	-6683	48		16900
Float üveg 500t/nap, olvasztott öntött tűzálló boltozat	-3250000	-714000	2785000	11.35	-410	5.04	-6683	48		16900

(1)	Költségek						Belső kibocsátások	Külső kibocsátások (közvetett)		
Elsődleges intézkedések NO _x kibocsátás csökkentés	Beruházás	Beruházás /év	Üzemeltetés/év	Fajlagos költségek	Δ NO _x	Fajlagos költség	Δ CO ₂ belső	Δ NO _x külső	Δ SO ₂ belső	Δ CO ₂ külső
	EUR	EUR/év	EUR/év	EUR/olvadt tonna	tonna/év	EUR/kg NO _x	tonna/év	tonna/év	tonna/év	tonna/év
Csomagoló üveg 150 t/nap 0.06 EUR/Nm ³ O ₂ , magas terhelésű szilika boltozat	-2051100	-276633	444700	3.07	-49.3	3.41	-1227	7.6		3027
Csomagoló üveg 225 t/nap 0.06 EUR/Nm ³ O ₂ , magas terhelésű szilika boltozat	-2740000	-369000	637990	3.27	-73.9	3.64	-1942	11.1		4444
Csomagoló üveg 450 t/nap 0.06 EUR/Nm ³ O ₂ , magas terhelésű szilika boltozat	-4743000	-639400	1490000	5.18	-147	5.76	-2097	21		8380
b. Oxy-tüzelőanyag tüzelés extra költségek / megtakarítások rekuperatív kemencékhez képest										
Asztali áru 30 t/nap 0.06 EUR/Nm ³ O ₂	500000	56406	-245400	-17.26	-19.2	-9.86	-2600	1.8		716
Asztali áru 30 t/nap 0.08 EUR/Nm ³ O ₂	500000	56406	-175000	-10.79	-19.2	-6.16	-2600	1.8		716
Asztali áru 30 t/nap 0.10 EUR/Nm ³ O ₂	500000	56406	-103660	-4.32	-19.2	-2.47	-2600	1.8		716
Asztali áru 30 t/nap 0.12 EUR/Nm ³ O ₂	500000	56406	-32754	2.16	-19.2	1.23	-2600	1.8		716
Asztali áru 30 t/nap 0.14 EUR/Nm ³ O ₂	500000	56406	38152	8.63	-19.2	4.93	-2600	1.8		716
Asztali áru 70 t/nap 0.10 EUR/Nm ³ O ₂	22540000	-265972	582590	12.76	-40	7.97	-2449	5.2		2064
E-üveg kemence 100-120 t/nap 0.08 EUR/Nm ³ O ₂	1500000	117340	-248400	6.19	-80.3	3.1	-5387	8.86		3530
1. Hacsak másképpen nem specifikált, a költség adatok számításához használt elérhető kibocsátási szintek a következők: 1100-1400 mg NO_x/Nm³ az elsődleges alacsony NO_x intézkedéseknél (alap, kialakítás módosítás nincs); 900-1100 mg NO_x/Nm³ az elsődleges alacsony NO_x intézkedéseknél kialakítás módosítással a float kemencénél és 750 mg NO_x/Nm³ csomagoló üveg kemencénél 0.5-0.9 kg NO_x/t üveg oxy-tüzelőanyagnál csomagoló üveg kemencéknél; 1.5-2 kg NO_x/t üveg float üvegnél; 1-1.5 kg NO_x/t üveg speciális üvegnél nitrát nélkül.										

3.28 Táblázat: DeNO_x elsődleges intézkedések költségeinek megvizsgált esetei [94, Beerkens - APC Evaluation 2008]

DeNO _x (SCR&SNCR&3R)	Beruházás	Beruházás/év	Üzemeltetés/év	Fajlagos költségek	Δ NO _x	Fajlagos költségek
LSZR módszerek alkalmazásai	EUR	EUR/év	EUR/év	EUR/olvadt tonna	tonna/év	EUR/kg NO _x
SCR eljárás						
Float üveg 500 t/nap	2065000	270000	331500	3.29	-804	0.75
Float üveg 650 t/nap olaj	2303000	301400	332000	2.67	-692	0.91
Float üveg 650 t/nap gáztüzelés	2303000	301400	370000	2.82	-946	0.71
Float üveg 700 t/nap	1880000	248000	283000	2.07	-708	0.75
Float üveg 900 t/nap	3112000	391000	450000	2.57	-1255	0.67
Csomagoló üveg 200 t/nap	840000	110000	77500	2.56	-110	1.7
Csomagoló üveg 300 t/nap	1036000	134700	98800	2.13	-159	1.47
Csomagoló üveg 450 t/nap	1270000	166300	135500	1.84	-228	1.32
Asztali áru kemence 35 t/nap (hipotetikus eset)	490000	64200	38500	8.03	-23.6	4.34
Asztali áru kemence 100 t/nap regeneratív: 1500-450 NO _x /Nm ³ (hipotetikus eset)	758000	98300	80800	4.9	-130	1.38
3R eljárás						
Float üveg 500 t/nap olaj	307400	41800	1057000	6.02	-598	1.84
Float üveg 500 t/nap gáz	307400	41800	1085000	6.17	-769	1.47
Float üveg 650 t/nap olaj	360400	49000	1224338	5.37	-726	1.75
Float üveg 650 t/nap gáz	360400	49000	1309662	5.52	-985	1.38
Csomagoló üveg 200 t/nap	185500	25200	303200	4.5	-127	2.6
Csomagoló üveg 300 t/nap	238500	32400	405350	4	-169	2.6
Csomagoló üveg 600 t/nap	281000	46800	779000	3.73	-330	2.48
SNCR eljárás						
Csomagoló üveg 200 t/nap rekuperatív	684000	93000	73850	2.28	-65	2.56
Csomagoló üveg 350 t/nap rekuperatív	900000	122000	97000	1.88	-101	2.16
Speciális üveg (becsült) – 5 oxigén-tüzelésű kemence (összesen 250 t/nap kapacitás)	785000	107000	199000	3 - 34	-290	1.06
E-üveg rost 100 t/nap (fiktív)	615000	83500	66930	4.12	-55.2	2.73
■ Hacsak másképpen nem specifikált, a költség adatok számításához használt elérhető kibocsátási szintek a következők: 400-500 mg NO _x /Nm ³ az SCR-nél; 450-500 mg NO _x /Nm ³ az SNCR-nél és <500 mg NO _x /Nm ³ a 3R-nél						

3.29 Táblázat: DeNO_x SCR, SNCR és 3R költségeinek megvizsgált esetei [94, Beerkens - APC Evaluation 2008]

Az összehasonlító tanulmányban vizsgált egyes DeNO_x technológiákkal kapcsolatos extra költségek összegzését az alábbi 3.30 Táblázat mutatja be.

Kemence típus	Termelés	EUR/t üveg						
		SCR	3R	SNCR	Alap Alacsony NO _x intézkedések	Kibővített Alacsony NO _x intézkedések	Oxy-tüz. szilika boltozat	Oxy-tüz. olv. öntött boltozat
	tonna/nap			(1)	(2)	(3)	(4)	(4)
Float	500	3.3	6 -6.25		0.85-1.1		6.83 (0.06)	11.35 (0.06)
Float	700	2.6-2.9	5.25-5.6			2.33		
Float	900	2.6			0.58	1.82		
Csomagoló	150						3.07 (0.06)	5.28 (0.06)
Csomagoló	200-225	2.56	4.5	2.28	0.76	1.63	3.27 (0.06)	5.39 (0.06)
Csomagoló	300	2.13	4	1.88	0.59	1.34		
Csomagoló	450	1.84			0.47	1.09	5.18 (0.06)	7.16 (0.06)
Csomagoló (keresztűtüz.)	450		3.73		1.02	1.5 becsült		
Asztali áru (rekuperatív)	30-35	8					-4.32 (0.10)	
Asztali áru (regeneratív)	70						12.76 (0.10)	
Asztali áru (regeneratív)	100	4.9						
Asztali áru (regeneratív)	150					8 (nagy el. pót.)		
Asztali áru (regeneratív)	190				0.7			
Speciális üveg (oxy-tüz.)	250			3.34				
Speciális üveg (regeneratív)	700			2.8				
E-üveg	100			4.1			6.20 (0.08)	

1. Csak rekuperatív kemencék.
2. Alap alacsony NO_x intézkedések: beállítható égők, oxigénérzékelők, levegő-tüzelőanyag szabályozás.
3. Kibővített alacsony NO_x intézkedések: alap intézkedések plusz égő és égő kamra módosítások.
4. a zárójelben az oxigén költség van megadva (EUR/m³)

3.30 Táblázat: A DeNO_x technikák további költségei EUR/t üveg [94, Beerkens - APC Evaluation 2008]

3.4.3 Kén-oxidok (SO_x)

[89, EURIMA Suggestions 2007]

A kén-oxidok (SO_x) kifejezés a kén-dioxidot (SO₂) és a kén-trioxidot (SO₃) foglalja magában, amelyet SO₂-ben kifejezve használunk. A kén-dioxid messze a leggyakoribb kén-oxid az üvegiparban, és a következő fejtegetések legtöbbje ehhez a vegyülethez kapcsolódik. Kb. 200 °C alatt az SO₃ általában savköd vagy savgőz formában fordul elő; ezért a kénsavat (H₂SO₄) általában az SO_x kifejezésbe tartozónak tekintik, mivel az SO₃ termék kondenzációját jelenti. A kén-oxid kibocsátás két fő forrása a tüzelőanyagokban jelenlévő kén oxidációja, és a keverék anyagok kéntartalmú összetevőinek elbomlása/oxidációja.

Az üveg visszatartott kéntartalma általában csekély (a legtöbb ipari üvegben <0.35% SO₃), és a kemencébe jutó kén nagy része SO_x-ként a légkörbe kerül. Az SO_x egy része a füstgázáramban reakcióba lép más anyagokkal és szulfátokat képez, amelyek porrá sűrűsödnek. A porban lévő szulfát mennyisége függ az üvegtípustól, de a legtöbb mésznátronüvegnél ez az arány 90-95% körül van, és főként nátrium-szulfátból áll. A kérdéssel részletesen a 3.4.1 pont foglalkozik.

Az elektromos fűtésű kemencékben az SO₂ kibocsátás nagyon alacsony, és főként az alapanyag bomlásából származik. A közetgyapot kupoló kemencékben általános redukáló atmoszféra van, és az alapanyagokból, illetve tüzelőanyagból származó kén főként SO_x-ként és hidrogén-szulfidként (H₂S) távozik. Az EU alkalmazásokban, a füstgázt általában egy utóégető rendszerben kezelik, amely a H₂S-t SO₂-vé oxidálja.

3.4.3.1 Tüzelőanyag kiválasztás

Leírás

Az olaj-tüzelésű eljárások során az SO_x fő forrása a tüzelőanyag kéntartalmának oxidációja. A keverékanyagokból származó SO_x mennyisége függ az üvegtípustól, de általánosságban elmondható, hogy ahol tüzelőanyagként olajat használnak, a tüzelőanyagból származó SO_x kibocsátás nagyobb mértékű, mint a keverékanyagból történő. Az SO_x kibocsátás csökkentésének legegyszerűbb módja a tüzelőanyag kéntartalmának csökkentése.

Elért környezetvédelmi előnyök

A tüzelőolaj kéntartalmát a Tanács 1999/32/EC Direktívája szabályozza, ami 1%-os határt szab meg, derogációs lehetőségekkel különleges körülmények esetében. Kétféle, eltérő kéntartalmú tüzelőolaj érhető el: <1% kén és <0,3% kén. A földgáz, természeténél fogva kénmentes.

A 3.31 Táblázat az SO_x kibocsátás jellemző tartományát mutatja tüzelőolaj és földgáz tüzelésű mésznátronüveg kemencék esetében, az SO_x csökkentésére irányuló másodlagos intézkedések nélkül. Az adatok csak tájékoztató jellegűek, és a tényleges adatok jelentősen eltérhetnek.

Tüzelőanyag	SO _x (SO ₂ -ként) mg/Nm ³
Földgáz	300-1000
1% kéntartalmú tüzelőolaj	1200-1800

3.31 Táblázat: Tájékoztató tartományok a mésznátron üvegkemencék SO_x kibocsátásairól a különböző tüzelőanyagoknál

Környezeti elemek kereszthatások

Az iparági általános tapasztalatok szerint a földgázra történő átállás 25-40%-al magasabb NO_x kibocsátást eredményez annak ellenére, hogy a tapasztalatok bővülésével a különbség csökken. Ezt a kérdést a 3.4.2.1 pont (A tüzelés módosításai) tárgyalja részletesebben. A tüzelőolajjal összehasonlítva, a földgázhasználat alacsonyabb fajlagos CO₂ kibocsátással jár; ugyanakkor az egy tonna olvadt üvegre eső fajlagos energiafelhasználás emelkedhet a lángok alacsonyabb sugárzóképesége/fényereje, különböző füstgáz térfogat és hőkapacitás miatt.

A tüzelőolajat az égőkhöz juttatás előtt fel kell melegíteni 110-120 °C-ra, ami további energiafelhasználást, vagy újrahasznosított hőt igényel.

Az alacsonyabb kéntartalmú tüzelőanyagra való áttérés, a magasabb tüzelőanyag ár miatt, magasabb költséget eredményez. Ugyanakkor, ha a füstgáz kéntelenítéséből származó leválasztott por nem kerülhet vissza a kemencébe, költségcsökkenés várható, mert kisebb mennyiségű port kell elhelyezni a lerakóban.

Üzemeltetési adatok

Nincs további jelentett adat.

Alkalmazhatóság

A földgáz használata az iparágon belül széles körű. Például, szinte valamennyi fosszilis tüzelőanyag tüzelésű üveggyapot kemence, a legtöbb folyamatos üvegrost kemence, minden üvegfritt kemence, és a csomagoló üveg kemencék több mint 50%-a földgáztüzelésű.

A gáztüzelésre való áttérés más égőket igényel, valamint gázellátó rendszer szükséges az égőkhöz és az égő-, illetve tüzelőanyagszájak módosítása. Meglévő kemencék gáztüzelésre való teljes átalakítása nem mindig lehetséges, a potenciális üveg minőségi és kemence élettartam problémái miatt; ezekben az esetekben kevert tüzelést lehet alkalmazni. Az üvegkemencéket egyre növekvő számban mindkét típusú tüzelőanyag használatára felszerelik.

Ugyanakkor a tüzelőanyag kiválasztásának legfontosabb befolyásoló tényezője a gáz és az olaj tüzelőanyag árának különbsége.

Emellett az EU tagállamok eltérő energiastratégiája és politikája, valamint a földgáz és tüzelőolaj földrajzi elérhetősége befolyásolhatja a választást. [157, European Commission - Green Paper 2000].

Gazdasági vonatkozások

Ahogy az a fentiekben megállapításra került, a tüzelőanyag kiválasztásának gazdasági vonatkozásai országspecifikusak, és minthogy néhány tüzelőanyagfajta földrajzilag potenciálisan nem elérhető, a költségek általános értékelése nem sokat mond.

A kőzetgyapot gyártásban használt forrószeles kúpoló kemencéket koksszal fűtik. A szektorban használt kokszt kéntartalmának ingadozása viszonylag alacsony (0,6-0,9%), és a forráson múlik. A kokszból származó SO₂ általában a teljes kibocsátás 30-70%-át adja, a kohósalak használatától és a cementkötésű hulladéktól függően. A szektor nem használja az olyan magas kéntartalmú alternatívákat, mint a petróleum kokszt, és sok esetben a kokszt kéntartalmát olyan mértékben lecsökkentik, amilyen mértékben az gazdaságilag még lehetséges.

Alkalmazási hajtóerő

A helyspecifikus környezeti feltételek, illetve az ennek következményeként szigorú SO_x kibocsátási határértékek hajtóerőt jelenthetnek az alacsony kéntartalmú vagy kénmentes tüzelőanyagokra történő áttérésben.

Minta gyárak

Nincs megjelölve.

Referenciairodalom

[88, FEVE Proposal Ch.4-NOx2007]

3.4.3.2 Keverék összetétel kialakítás

Leírás

A hagyományos üvegyártásban a keverékanyagokból származó szulfátok az SO_x kibocsátások fő forrásai. A szulfátok a leggyakrabban használt derítő szerek és fontos oxidáló szerek is. A legelterjedtebb szulfát vitathatatlanul a nátrium-szulfát, amely az olvasztás és tisztulás során gázállapotú SO_2 -re, O_2 -re és az üveggel elegyedő Na_2O -ra bomlik. A kálium- és kalcium-szulfátok szintén széles körben használatosak. A legtöbb modern üveggkemencében a keverék szulfáttartalmát a lehető legkisebb szintre csökkentették, ami az üvegtípustól függően változik.

Amint az a 3.4.3 pontban már meg lett említve, az üvegben visszamaradt kénvegyületek mennyisége többnyire alacsony és a gyártott üveg típusától függően jelentősen változik. A kemence levegő-tüzelőanyag tüzelésről oxy-tüzelőanyag tüzelésre történő átállítása csökkentheti az üvegolvadék szulfáttartalmát; ilyen esetekben lehet, hogy a keveréket módosítani kell, hogy a megfelelő mennyiségű derítő szert biztosítsuk az olvasztási folyamathoz. A keverék szulfáttartalmával kapcsolatos kérdéseket a 3.4.1.1 pont tárgyalja, míg a szűrőkből/elektrosztatikus porleválasztókból származó por újrahasznosításával kapcsolatos kérdések a 3.4.3.3 pontban kerülnek kifejtésre. A derítő és oxidáló szerekkel kapcsolatos kibocsátások jellemző mértéke 200–800 mg/Nm³ és 0.2–1.8 kg/tonna olvasztott üveg.

A kőzetgyapot gyártásban az SO_2 kibocsátások fontos forrásai (a kokszon kívül) a kohósalakkal és a cementkötésű brikettel készült keverékek. A salak általában 0.6–1.5 tömeg % ként tartalmaz, és a kén nagyon nagy része H_2S és SO_2 formájában kerül kibocsátásra. Ha utóégetőt használnak, a kibocsátások jórészt SO_2 -vé oxidálódnak. Alacsony kéntartalmú kohósalak beszerzésére igen kevés lehetőség nyílik, és az üzemeket általában az is korlátozza, hogy csak nagyon csekély számú beszállító található a közelükben, gazdaságos szállítási távolságon belül.

A salak aránya a keverékben nagyon változó; közel 100%-os arányban található meg a salakgyapothoz felhasznált keverékben, de sok normál kőzetgyapot üzem keveréke nem tartalmaz salakot. Sok esetben, amikor salakot használnak, a salak a teljes keverék kevesebb, mint 30%-át teszi ki (koksz nélkül). Az egyetlen alkalmazás, amikor szükség van a használatára, a befúvóval szórt gyapothoz vagy az álmennyezeti lapokhoz alkalmazott fehér üvegszál készítése. Ezek az alkalmazások a szektor össztermelésének csak kis százalékát teszik ki, de egyes üzemek csak ezeket a termékeket gyártják. Az olyan üzemek esetén, amelyeknél a keverék kb. 30% salak tartalmú, az SO_2 csökkentés nélküli kibocsátás kb. 2-3-szor nagyobbra tehető, mint a salakmentes keverékek esetében. Becslések szerint a jelen dokumentum elkészítésének időpontjában az európai kőzetgyapot-üzemek megközelítőleg 10%-a használ kohósalakot.

A salak alkalmazásának elhagyása egyértelműen jótékony hatással van az SO_2 kibocsátásokra. A salak használatának, főleg az ásványgyapot szektorban, azonban számos előnye is van, amelyek az alábbiakban kerültek összefoglalásra:

- kisebb mértékű energiafelhasználás és csökkentett CO_2 kibocsátás, amely a mészkő salakkal való részleges kiváltásának következménye. Az energiafogyasztás és a CO_2 kibocsátás jellemzően 5-15%-kal kevesebb, mint a bazalt-mészkő keverék esetén
- a helyettesítendő anyagtól függően, a keverék kevesebb vasat tartalmaz, ami csökkenti a lecsapolás gyakoriságát, és növelheti a termék kihozataalt. Kevesebb leállás van gyártás közben, és a szilárd hulladék mennyisége is kismértékben csökken

- néhány esetben a salak használatára azért van szükség, hogy javítsák az olvadt üveg szárazási tulajdonságait, amely hozzájárul az eljárás hatékonyságának javulásához, és a zárványok csökkentésével, a hulladékmennyiség csökkentéséhez
- a kohósalak hulladék anyag, amely, ha nem hasznosítják, valószínűleg hulladéklerakóba kerül. Ezen kívül, helyettesítheti a természetes kőzet alapanyagot, és csökkentheti a kitermelése iránti keresletet
- a salak általában olcsóbb, mint azok az anyagok, amelyek helyett használják.

Elért környezetvédelmi előnyök

Általában, az olyan alapanyagok minimalizálása/optimalizálása, amelyek a keverék összetételében kén is tartalmaznak nem csak az SO_x kibocsátásokra, de a porképződésre is hatással vannak. A keverékben lévő szulfát alapanyag helyettesítésre, derítőszerként/oxidálószerként alkalmazott szűrőpor újrahasznosítás csökkenti az elsődleges alapanyag felhasználást.

A keverékben felhasznált szulfátok mennyiségének optimalizálása annak a szilárd hulladék áramnak a csökkenését eredményezheti, ami a további folyamatok SO_x csökkentő rendszeréből keletkezik.

Lehetséges, hogy a legtöbb fent bemutatott előny elérhető lenne a gyártási hulladék újrahasznosításával. A salak használat teljes környezetszennyező hatásának telephely specifikus értékelése néhány esetben megfelelő lehet. Ugyanakkor egy általános kvalitatív értékelés során a salak alkalmazás előnyei valószínűleg nem lépnék túl az okozott kibocsátást. Ha a salak használat a termék színe miatt szükséges, akkor alkalmazása minimalizálható az újrahasznosított belső gyártási hulladék használatával. Ha alkalmaznak másodlagos SO_x csökkentési intézkedéseket, a salak használatának környezeti mérlege változhat.

Környezeti elemek kereszthatások

Általában, a keverék összetételben lévő kén tartalom minimalizálásának/szabályozásának nincs kapcsolódó kereszthatása. Ám, a kén mennyiségének túlzott lecsökkentése a végső üvegtermék minőségi problémáit okozhatja. Példaként, néhány sötét színű csomagoló üvegnél a termék minőség biztosítására speciális keverék összetételt kell használni, amelyben kén van (pl. borospalackok).

Nehézségbe ütközhet a kénvegyületek olyan helyettesítése, amelyek ugyanazt a tisztulást biztosítják, az alternatív anyagokkal kapcsolatos nagyobb környezeti hatások miatt.

A keverék összetételben újrafelhasznált szűrőpor SO_x kibocsátás növekedéshez vezethet, mivel ezek főleg szulfátokból állnak.

Üzemeltetési adatok

Nincs további jelentett adat.

Alkalmazhatóság

Nem jelentett.

Gazdasági vonatkozások

Nem jelentett.

Alkalmazási hajtóerő

A keverék összetétel költségeinek szinten tartása, együtt az SO_x kibocsátások kezdeti szintjének a csökkentésével lehetnek e technika alkalmazási hajtóerői.

Minta gyáarak
Nincs megjelölve.

Referencia irodalom

[89, EURIMA Suggestions 2007] [tm29 Infomil] [30, Infomil 1998] [tm26 EURIMA] [27, EURIMA 1998]

3.4.3.3 Száraz vagy félszáraz mosás

Leírás

A száraz és a félszáraz mosás reakcióelvei ugyanazok. A reagens anyagot (az abszorbenst) beporlasztják a füstgázáramba. Ez az anyag reakcióba lép az SO_x vegyületekkel, és szilárd anyagot képeznek, amelyet elektrosztatikus porleválasztóval, vagy zsákos szűrőrendszerrel leválasztanak a füstgázáramból. Az SO_x eltávolítására használt abszorbensek más savas gázok, különösen a halogenidek (HCl és HF), de egyéb illó anyagok, például szelén vagy bórsav, stb. eltávolítására is hatékonyak. Néhány alkalmazásban az abszorbenst közvetlenül a füstgáz csatornába juttatják be, de az eljárások hatékonyabbak, ha reakciótornyot (száraz eljárás) vagy reakciókamrát (félszáraz eljárás) használnak.

A száraz eljárás során az abszorbens száraz porhoz (általában $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaHCO_3 , vagy Na_2CO_3) levegőt lehet adagolni a diszperzió elősegítésére. A félszáraz eljárás során az abszorbenst (általában Na_2CO_3 , CaO vagy $\text{Ca}(\text{OH})_2$) szuszpenzió vagy oldat formában juttatják be, és a víz elpárolgása egyben a füstgázáramot is hűti. Más ipari alkalmazások során a fent bemutatott félszáraz eljárást gyakran félnedves eljárásként emlegetik, ebben a dokumentumban azonban kizárólag a „félszáraz” kifejezés használatos, mert ez terjedt el az üvegiparban.

A száraz eljárás gyakoribb az üvegiparban, mint a félszáraz eljárás. Általánosságban, a csökkentés mértéke erősen függ a következő paramétereiktől:

- a mosó típusa – a mosó kialakítása befolyásolhatja a gázfázis és az abszorbens érintkezését és a rendelkezésre álló reakcióidőt
- a füstgáz összetétele – a füstgáz szennyezőanyagai az eltérő abszorbensekkel eltérő reakciókészséget mutatnak, és a különböző anyagok között párhuzamos reakciók mennek végbe, különösen, ha a reagens aránya a savas gázokkal szemben viszonylag alacsony
- a füstgáz hőmérséklete – az ideális hőmérséklet a füstgáz harmatpontjához lehető legközelebb ($180\text{ }^\circ\text{C}$ alatt), vagy sokkal magasabban ($400\text{ }^\circ\text{C}$ körül) van. A $180\text{--}350\text{ }^\circ\text{C}$ közötti hőmérséklet-tartomány nem tűnik megfelelőnek az SO_2 kalcium-hidroxid általi abszorpciója miatt. Tudatában kell lenni annak, hogy a $350\text{ }^\circ\text{C}$ feletti füstgáz hőmérséklet az SCR egység helyes üzemeltetéséhez szintén szükséges (lásd a 3.4.2.7 pontot a további részletekért).
- a füstgáz nedvességtartalma
- az abszorbens/savas gáz molaránya – általában az abszorbens sztöchiometria arány feletti beadagolása szükséges. Az abszorbens adott mennyiségét gyakran molarányban fejezik ki, amelyet az alábbi két módon határozhatunk meg:
 - MR1 = az abszorbens molaránya a csökkentett SO_x feletti
 - MR2 = az abszorbens molaránya a teljes belépő SO_x feletti
- szűrőrendszer – az elektrosztatikus porleválasztókkal együtt a száraz és félszáraz eljárás is használható, de a zsákos porszűrők a füstgáz hűtését igénylik. Az üvegiparban az elektrosztatikus porleválasztókkal együtt alkalmazott leggyakoribb füstgáztisztító eljárás a száraz tisztítás, amelynek során $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -t használnak abszorbensként. Ennek oka, hogy a

Ca(OH)₂-vel viszonylag jó csökkentési arányt lehet elérni 400 °C körüli hőmérsékleten, ami a füstgázban, hűtés nélkül, könnyedén elérhető, és ami az elektrosztatikus porleválasztó működési tartományán belül van. Bár, meg kell jegyezni, hogy zsákos szűrő rendszerénél a reagenst a hőcserélő előtt kell a füstgázba juttatni. Azután ez lehetővé teszi a reakciót 350 – 400 °C körül, ESP-vel. A reakció ideális hőmérséklete 400 °C körül lenne, de a gyakorlatban a 300-350 °C-os hőmérséklettartomány jellemzőbb az üzemeltetési korlátok miatt. Ahol zsákos porszűrőt használnak, a hőmérsékletet 200 °C alá kell csökkenteni. Hűtésre lehet használni hőcserélőt, hűtőlevegőt, vagy a víz elpárologtatását, amit a félszáraz eljárásban is alkalmaznak. Zsákos porszűrő használata esetén, a szöveten lerakódás marad vissza a lerakódott abszorbensnek köszönhetően, amely a nyomáscsökkenés növekedésével, és rendszerint a savas gázok abszorpciójának javulásával jár

- a reagens típusa – az üvegiparban leggyakrabban használt füstgáz mosószer: kalcium-hidroxid Ca(OH)₂, nátrium-karbonát Na₂CO₃, nátrium-bikarbonát NaHCO₃, kevésbé gyakran használatosak: nátrium-hidroxid NaOH és mészkő CaCO₃. A reagens kémiai összetétele fontos tényező a képződő szilárd anyagok olvasztókemencében történő újrahasznosítása lehetőségének szempontjából. A reagens BET fajlagos felülete (m²/gramm) meghatározó a jó reakció sebesség eléréséhez. A reagenseket általában legfeljebb 40 m²/g fajlagos felületű finom por formában juttatják be.

A savas gázok „száraz mosásának” másik lehetősége a keverék közvetlen előmelegítése. Ebben az esetben a keverék alkáli összetevői működnek abszorbensként. Ezen eljárás alkalmazását a 3.8.5 pont tárgyalja részletesebben.

Elért környezetvédelmi előnyök

A használatban lévő SO_x mosó rendszerek nagy része száraz mészkőmosó, ami 300-400 °C hőmérséklet tartományban üzemel, ez egy hatékony regeneratív típusú kemencéből származó füstgáz hőmérséklete. Ezen a hőmérsékleten mintegy 30-40%-os SO_x csökkentés érhető el jó minőségű száraz mészhidráttal és a Ca(OH)₂/SO₂ sztöchiometriai arány fölött. Jobb eltávolítási hatékonyságok érhetők el szóda-bikarbóna vagy nátrium-karbonát oldat alkalmazásával, a reagens mennyiségétől függően kb. 60% vagy annál nagyobb SO_x csökkentés mellett. Hasonló vagy nagyobb SO_x csökkentési arány lehetséges 200 °C körüli hőmérsékleten, nedves atmoszféra mellett. Ez a zsákos porszűrőhöz kapcsolva, vízben oldott szorbens bejuttatásával érhető el. Ugyanakkor ez a félszáraz technológia olyan szintre csökkenti a füstgáz hőmérsékletét, amely általában már nem megfelelő a másodlagos hőhasznosításhoz, vagy a magasabb hőmérsékletet igénylő soron következő folyamatokhoz (mint az SCR vagy cserép előmelegítés). Ezekben az esetekben megfontolást érdemelhet a hagyományos (vagy „valódi”) félszáraz eljárás, bár az üvegiparban jelenleg nagyon kevés az e technikára vonatkozó tapasztalat. Ez fokozza egy olyan integrált elemzés szükségességét a kéntelenítés előtt, amely minden hatást, a mellékhatásokat, a költségeket és a prioritásokat (pl. savazási politika, energiapolitika, hulladékpolitika stb.) is figyelembe veszi.

Meg kell jegyezni, hogy a kén abszorbens magas sztöchiometriai aránya a soron következő porcsökkentő berendezés megnövekedett terhelését okozza. A gyakorlatban, a korlátozott abszorpció javulást kell egyensúlyba hozni a technológiai követelményekkel és a porleválasztó nagyobb kapacitásának járulékos költségeivel.

A mosási folyamat más gáznemű savas szennyezőanyagok esetében, mint a HCl és a HF, is hatékony, különböző csökkentési mértékben. A reagens típusával és üzemeltetési feltételekkel kapcsolatos jellemző eltávolítási hatékonyságok az alábbi „Üzemeltetési adatok” pontban vannak közzé téve.

Ezek a technikák hatékonyak bizonyos, más szennyezők, pl szelén vegyületek, és bórsav fajták, úgy mint HBO_2 és H_3BO_3 , de nagyon csekély információ érhető csak el a csökkentési szintekről. Példaként, NaHCO_3 -al üzemeltetett száraz mosó rendszerrel fölszerelt, bronz üveget gyártó síküveg kemencénél, az elért eltávolítási hatékonyság kb. 90%, 30 mg/Nm^3 értékű szelén vegyületek belépő értékéből a 3 mg/Nm^3 értékig (szilárd és gáz). A szelén kibocsátások (1 mg/Nm^3) alacsonyabb szintjének elérésére, az alkáli reagens mennyiségét 55 kg/óra értékről 120 kg/óra értékre kellett emelni, ebből következően hulladék képződés kereszthatással, és ebből adódóan ennek elhelyezési igényével.

Környezeti elemek kereszthatások

Az üvegiparon belül néhány konkrét példa esetében a technikák alkalmazásának egy fontos ösztönzője volt a porcsökkentő berendezés védelme, vagy néhány esetben (pl. folyamatos üvegrost, fritt) a fluorid kibocsátás megszüntetése. A közetgyapot gyártás egy figyelemre méltó kivétel. Speciális esetekben, ha a por- vagy fluoridcsökkentés nem szükséges, ezen technikák alkalmazása helyett gazdaságosabb lehetne a gáztüzelésre való áttérés.

A mosó rendszer alkalmazásának elektromos energia igénye van. A fajlagos energia felhasználás jellemzően 12–20 kWh/t olvadt üveg érték körül van zsákos zsűrónél, és 8 – 11 kWh/t olvadt üveg érték elektromos porleválasztónál.

Ezek a technikák jelentős mennyiségű szilárd maradékot termelnek, de a legtöbb alkalmazásnál ez a kemencében újrahasznosítható. Probléma az olyan olajtüzelésű kemencék esetében merülhet fel, amelyek nagy mértékben használnak cserepet. Ha az abszorbens nátrium-karbonát, a szűrőpor újrahasznosítható lenne a mész-nátronüvegben helyettesítve értékesebb alapanyagokat, a jelentős nátrium-karbonát igény miatt. Ugyanakkor a nátrium-karbonát és nátrium-bikarbonát nagy HCl csökkentési képessége a leválasztott por NaCl tartalmának jelentős növekedését okozza, ami problémát okozhat, amikor azt újból beadagolják a kemencébe, a keverék összetételbe. A NaCl elpárolgása a kemence vagy regenerátor szilika/szilikát tűzállóanyagainak kémiai károsodásához vezet.

Általában, egy bizonyos típusú üvegben az olvadékban maradó kén azért állandó, hogy a redox állapotot és az üveg színét biztosítani lehessen. Ezért, a szulfátpor újrahasznosítása mennyiségi korlátot jelent.

Alacsony cserépszint esetében az összegyűjtött szulfát általában kevesebb, mint ami a tisztuláshoz szükséges, és néhány speciális esetben lehetséges az üveg kénfelvételének növelése az összegyűjtött porból is (pl. magasabb SO_3 %). Ezekben az esetekben, összességében a kibocsátás csökken, és a mérséklődik a nátrium-szulfát felhasználás. Ha az összegyűjtött szulfát több, mint amennyi a keverékhez szükséges, szilárd hulladék keletkezik, amelyet a telephelyen kívül helyeznek el. Alternatívaként, ha minden anyagot nagyobb mértékben hasznosítanak újra, mint az szükséges, a rendszer zárt körre alakul, dinamikus egyensúlyt létrehozva, ahol kén csökkenést már csak az üveg és levegőbe történő kibocsátás jelent. Magas cserépszint esetében jóval alacsonyabb a szulfát derítőszer igény, és az üvegben nagyon alacsony a további felvétel lehetősége. Ezért, hacsak nem távolítják el a por egy részét, az SO_x kibocsátások nőnek, és az SO_x csökkentés összes előnye nagymértékben csökken. A probléma a magas cserépszintet alkalmazó redukáló üvegek esetében a legegységesebb, ahol a kén oldhatóság viszonylag alacsony.

A gyakorlatban, ha ez történne, a nem újrahasznosítható por elhelyezésének költsége gyakran magasabb lenne, mint az alacsonyabb kén tartalmú tüzelőanyagok költsége (pl. alacsony

kéntartalmú olaj vagy földgáz). Ezért számos helyzetben az üzemeltető a tüzelőanyag-váltást választaná az elhelyezendő szilárd hulladék képződés helyett. Ugyanakkor az alacsony kéntartalmú tüzelőanyagok (kifejezetten a földgáz) és a többi tüzelőanyag közötti magas költségkülönbség ezt a lehetőséget gazdaságilag kevésbé vonzóvá teheti.

Ha abszorbensként mészhidrátot használnak, a legtöbb üvegösszetételnél lesz egy határ kalcium újrahasznosításának mértékére. Normál esetben, a keverék összetétel módosítható az összegyűjtött por kompenzálásához, de nagy cseréparányú keverékek esetében a módosítás lehetősége behatárolt. A magas cserépszintű keverékek esetében a kalciumtartalom nagyobb lehet, mint amit az üveg elvisel, ezáltal szilárd hulladék keletkezik. Ebben az esetben megoldást jelenthet az abszorbens cseréje, és váltás nátrium-karbonátra vagy -bikarbonátra, vagy különböző abszorbensek keverékére.

Azokban a régiókban, ahol magas cserépszinttel dolgoznak a rendszer egyre inkább egy zárt körre válik, ahogy kialakul a különböző vegyületek szintje a folyamatosan újrahasznosított üvegben. Ez probléma lehet a fémek, a fluoridok és a kloridok esetében csakúgy, mint a kénél. Az összegyűjtött porban lévő fémek, elsősorban az ólomé, az üvegtömegben fokozatos felhalmozódást okozhatnak. Ez olyan koncentrációjú lehet, ami eleve kizárja a 94/62/EC Csomagolás és csomagolási hulladék Direktívában és az ezt követő, üveg csomagolóedényekre vonatkozó derogációkban lefektetett nehézfém tartalomra vonatkozó határok betartását.

Ahol az összegyűjtött anyagok mennyisége az újrahasznosítás szempontjából problémát jelent, ott az abszorbens egy részét újrafelhasználó technikák elérhetőek, így csökkentve a teljes mennyiséget. Az összegyűjtött por nem egyenletes összetétele többnyire nem jelent gondot. Ezek a problémák az újrahasznosítást megelőző gondos elemzéssel, illetve szükség esetén az anyagok készletezésével és keverésével megoldhatóak.

A kőzetgyapot-gyártásban az SO_x csökkentést az utóégetőt követően, és a szűrőrendszert megelőzően kell elvégezni. A legtöbb alkalmazásban a szűrőrendszer az utóégető előtt kerül elhelyezésre, amit a tiszta gáz kezelésére terveztek. Ezekben az esetekben a technika meglévő üzemekben történő alkalmazása utóégető, és további szűrőrendszer kialakítását teszi szükségessé. A beruházás várhatóan 4-5 millió EUR.

A félszáraz eljárás a szektorban nem bizonyult gazdaságilag életképesnek.

Az anyag visszavitele a kemencéhez, és újrahasznosítása a kőzetgyapot szektorban nehezebb, mint más szektorokban, mert az eljárás nem igényli szulfátok hozzáadását, és alacsony az olvadék kéntelvétele. Ezért a szennyezőanyag nagy része újra kibocsátásra kerülne. A szűrőpor újra felhasználása egy kőzetgyapot kúpoló kemencében egy brikettáló rendszert igényel. Amikor egy ilyen rendszer nem áll rendelkezésre, akkor az SO_x eltávolításával kapcsolatos, jelentős szilárdanyag áram fog képződni. Ez azt jelenti, hogy az összegyűjtött hulladékot szilárd hulladékként kell elhelyezni, illetve ha lehetséges értékesíteni kell. A füstgáz kéntelenítő rendszerből származó hulladék elhelyezése egyre nehezebbé válik, és a kilúgozódás elkerülése előkezelést igényelhet. Ez a keresztthatás gyakran ellensúlyozhatja a savas gáz kibocsátások csökkentésének környezeti előnyeit.

A kőzetgyapot abszorbensének kiválasztása szintén korlátozott, ha az újrahasznosítást figyelembe vesszük. A termék nagyon alacsony nátrium tartalmat igényel, így a nátrium-karbonát és a nátrium-bikarbonát csak akkor használható, ha az összegyűjtött anyag nem kerül újrahasznosításra.

A kőzetgyapot-gyártásban, a Venturi mosó rendszer használata a száraz és félszáraz mosók alternatíváját jelenthetné. Jó SO_x eltávolítási hatékonyság (90-95%) érhető el, de a technika porcsökkentésre kevésbé hatékony, mint a zsákos porszűrő rendszer. Vizes hulladék is keletkezik és nehéz az anyag újrahasznosítása. Néhány alkalmazás több mint 20 éve sikeresen üzemel ezzel a technikával.

Üzemeltetési adatok

Amint az fentebb említésre került, ezekkel a technikákkal elért csökkentések számos tényezőtől függenek, beleértve a füstgáz hőmérsékletét, a beadagolt abszorbens mennyiségét és típusát (vagy pontosabban a reagens és szennyezőanyag molarányát) és az abszorbens diszperzióját. Az alábbi táblázatok a különböző abszorbensek és eljárások hatékonyságának becslését tartalmazzák. A ténylegesen elért eredmények esetenként változnak, és magasabb, illetve alacsonyabb eredmények is tapasztalhatók.

A 3.32 Táblázatban, gázszennyezők eltávolítására tájékoztató száraz abszorpció hatékonyságok vannak megadva. A zsákos porszűrő magján előforduló különböző mértékű abszorpció arány miatt, illetve az ESP és a zsákos porszűrő eltérő üzemelési hőmérséklete miatt a két porszűrő típusra külön eredmények adódnak.

Szennyezőanyag	ESP		Zsákos porszűrő
	~400 °C	200-280 °C	130-240 °C
SO_2	50 %	10 %	10 %
SO_3	80 %	90 %	95 %
HCl	70 %	35 %	80 %
HF	95 %	95 %	95 %
SeO_2	90 %	70 %	90 %

3.32 Táblázat: Tájékoztató száraz abszorpció hatékonyságok $\text{Ca}(\text{OH})_2$ esetén

Általánosabban, a referenciák a következő eredményeket teszik közzé a 3.33 Táblázatban a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -vel végzett száraz eljárások esetében.

Hőmérséklet	SO_x csökkentési arány	
	130-140 °C	170-180 °C
Mólarány $\text{Ca}/\text{S}=1$	30 %	22 %
Mólarány $\text{Ca}/\text{S}=2$	50 %	40 %
Mólarány $\text{Ca}/\text{S}=3$	70 %	55 %

3.33 Táblázat: Tájékoztató SO_x csökkentési arányok $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -al történő száraz mosásnál

65%-os csökkentési arányt jelentettek egy float kemence esetében, száraz mosó plusz ESP alkalmazásával, 4.4 MR1 mólarány mellett, 180 kg/h $\text{Ca}(\text{OH})_2$ használatával, 400 °C körüli hőmérsékleten. Az összes port újrahasznosították a kemencében.

A Na_2CO_3 abszorbenssel végzett száraz eljárás tapasztalatait foglalja össze alább a 3.34 Táblázat, 300 °C és 400 °C közötti hőmérséklettartományban. A megadott csökkentési arányok ismét tájékoztatóak és nagymértékben függenek a hőmérséklettől és a felhasznált abszorbens mennyiségétől.

Szennyezőanyag	SO _x csökkentési arány
SO ₂	<50 %
SO ₃	90 %
HCl	50-75 %
HF	10-40 %
SeO ₂	30-60 %

3.34 Táblázat: Tájékoztató SO_x csökkentési arány Na₂CO₃-al történő száraz mosásnál

A NaHCO₃ abszorbens tapasztalatainak eredményei nagyon jó SO_x abszorpciós arányt mutatnak, elsősorban az alacsonyabb hőmérséklettartományban, egészen 90%-os SO_x eltávolítás lehetséges.

Amint az fentebb ismertetve lett, számos olyan paraméter van, amely az olvasztó kemencéből származó savas gázok csökkentési hatékonyságára hatással van. Az aktuális eltávolítási arányok eltérhetnek a tájékoztatóktól.

A helyszíni mérések során megfigyelt eltávolítási hatékonyság összehasonlítása a különböző típusú alkáli reagensek és eltérő üzemelési feltételek mellett a 3.35 Táblázatban látható.

Reagens	Szennyezés mentesítő rendszer típus	Füstgáz hőmérséklet	Sztöchiometriai arány	Eltávolítási hatékonyság ⁽¹⁾		
		°C	Reagens/SO ₂	SO _x (%)	HCl (%)	HF (%)
Mész-hidrát						
Ca(OH) ₂ fajlagos felület 14 m ² /g	ESP + száraz mosó ⁽²⁾	335	0.5	17	<5	62
			0.65	22	56	70
			2	37	95	97
Ca(OH) ₂ fajlagos felület 34 m ² /g	ESP + száraz mosó ⁽²⁾	335	0.5	26	56	72
			0.7	34	65	81
			1	40	78	89
			1.7	43	95	97
Szóda-bikarbóna						
NaHCO ₃	ESP + száraz mosó ⁽²⁾	342	0.2	7	24	<5
			0.45	24	28	<5
			2	56	51	17
NaHCO ₃	Zsákos szűrő + száraz mosó ⁽³⁾	200	0.3	32	76	28
			0.4	44	83	39
			0.5	45	93	63
1. Az adatok három félóránkénti mérés átlag értékeire vonatkoznak az egyes üzemeltetési feltételeknél. 2. Létesítmény két olajtüzelésű kemencével csomagoló üvegre. 3. Létesítmény egy gáztüzelésű kemencével csomagoló üvegre.						

3.35 Táblázat: A savas gáznemű szennyezőanyagok jelenlegi csökkentési aránya száraz mosásnál különböző típusú abszorbensek és üzemelési feltételek mellett

[84, Italy-ENEA Report 2007]

Az üvegiparon belül, a fűlszáraz eljárást korlátozott számban alkalmazzák. Zsákos porszűrővel való kombinációban, illetve abszorbensként Na₂CO₃ oldat használatával rendkívül magas csökkentési arányokat jelentettek. Ezeket a tájékoztató eredményeket összegzi az alábbi 3.36 Táblázat. Maximálisan 95%-os SO₂ csökkentés lehetséges. A jelenlegi ipari alkalmazások azonban gyakrabban mozognak a 80-90%-os csökkentési tartományban.

Szennyezőanyag	SO _x csökkentési arány
SO ₂	90-95 %
HCl	>90 %
HF	>85 %
SeO ₂	>90 %

3.36 Táblázat: Tájékoztató SO_x csökkentési arány Na₂CO₃ oldattal történő félszáraz mosásnál

Általánosabban, más ipari alkalmazásokban, a referenciák a 3.37 Táblázatban bemutatott eredményeket adják a félszáraz eljárásra, Ca(OH)₂-vel.

Mólarány	SO _x csökkentési arány
Ca/S=1	80 %
Ca/S=2	90 %
Ca/S=3	92 %

3.37 Táblázat: SO_x csökkentési arány Ca(OH)₂-al történő félszáraz mosásnál
[49, ADEME 1999]

Félszáraz eljárás során, NO_x kibocsátásra gyakorolt hatásról is beszámoltak Na₂CO₃ vagy NaHCO₃ alkalmazásánál. NaHCO₃ esetében az optimális tartomány 120 és 160 °C között van. Noha, az üvegiparban normál, reprezentatív körülmények között csak mérsékelt NO_x csökkentési arányra gyakorolt hatást figyeltek meg.

Összességében az elért csökkentés számos, az eljáráshoz, illetve az abszorbenshez kapcsolódó, tényező függvénye. Kedvező körülmények között magas csökkentési arányok érhetőek el, a legjobb esetben egészen az SO₂-ben kifejezett összes SO_x 95%-ig. Az SO₃ csökkentési arány értéke általában nagyobb, mint 80%.

Folyamatos üvegrost gyártásnál, börtartalmú keverék összetételénél, a fentebb közzé tett csökkentési arányokat rendkívül nehéz elérni az olvadt üvegből elpárolgó bórvegyületeknek a száraz alkáli reagensek felületére való lerakódása miatt bekövetkező deaktiválódás következtében. Ezekben az esetekben, a mosó lépcső eltávolítási hatékonysága lényegesen csökkenhet.

Az aktuális kibocsátási koncentráció vagy a tömeg kibocsátás/tonna üveg, a bemenő koncentráción és a kéntelenítés hatékonyságán múlik. Ezek a bemenő koncentrációk az alábbi tényezőktől függenek:

- tüzelőanyag kénbevitel
- üvegtípus (szín, oxidációs állapot és kén visszatartás/tartalom az üvegben)
- a tisztulás, a minőség és a szulfát mennyiség technológiai követelményei
- a cserép mennyisége és típusa (saját vagy idegen, kén és szennyezőanyag tartalom)
- leválasztott porösszetétel és újrahasznosítási arány
- tüzelési feltételek (az elsődleges intézkedések NO_x csökkentésre irányuló sztöchiometrikushoz közeli tüzelés növelheti az eredeti füstgáz SO₂ tartalmát)

Ugyanakkor a kibocsátás átfogó csökkentése megköveteli az előállított szulfátos por folyamatosan keletkező szilárd hulladékának eltávolítását (belső vagy külső

újrahasznosítással vagy lerakással). Lerakás esetén, az SO_x csökkentés költsége 0.5 és 1.2 EUR/kg eltávolított SO_2 közötti értékre becsülhető a környezettől függően [76, TNO SO_2 2007].

A gyakorlatban, a leválasztott por teljes újrahasznosítását, a szulfátos hulladékkal együtt, nagyon gyakran ésszerű környezeti és gazdasági lehetőségként értékelik, ahol ez technikailag megoldható. Ebben az esetben az összes SO_x kibocsátás csökkentés (tömeg mérleg megfontolásokkal) az alapanyag kiválasztással megvalósítható csökkentésre korlátozódik, amit az alapanyag szulfát tartalmának leválasztott porral való helyettesítésével érnek el. Ez valójában kiegészíti az egyéb megfelelő elsődleges intézkedéseket, az olvadék teljes kénbevitelének csökkentésére minden beadagolt anyag (a cserepet is ideértve) kénszintjét optimalizálják ott, ahol ez keresztülvihető.

Ezért, a savas gázkibocsátások csökkentésére, egy külső elhelyezési út kialakítását szükséges lehet megfontolni az összegyűjtött anyag egy részéhez. A külső újrahasznosítás vagy újrahasználat lehetősége előnyösebb, mint a lerakás. A legtöbb esetben azonban nincs olyan külső újrafelhasználási lehetőség, ami gazdaságosan megvalósítható. A meglévő jogszabályi követelmények, amelyek az ilyen anyagokat hulladékként határozzák meg, szintén akadályozzák a külső újrahasznosítást. Annak meghatározása, hogy összességében mi szolgálja a környezet legjobb védelmét gyakran telephely specifikus, és kiterjedhet a folyamatosan keletkező szilárd hulladék elhelyezésére is.

A leválasztott por zárt körben történő újrahasznosításával, a földgáztüzelésű kemencék jelenleg megfigyelt SO_x kibocsátási szintje jellemzően 200-800 mg/Nm^3 között van alacsony cserep újrahasznosítási aránnyal gyártott üvegek esetében, és 600-900 mg/Nm^3 a legáltalánosabb, magas idegen cserepszintet használó, csomagoló üveggyártásban. 1%-os tüzelőolajjal 800-1600 mg/Nm^3 közötti kibocsátás érhető el, a fenti tényezők függvényében. Különösen, a nagy cserep újrahasznosítási arányú üvegek esetében, amelyek kénfelvételi képessége alacsony (pl. redukáló üvegek, mint bizonyos zöld és barna csomagoló üvegek), az értékek a tartomány magasabb végénél várhatóak. Vannak olyan példák az üvegiparban, ahol a nettó kéntelenítés hatékonysága a nullához közelít, ha a kén tartalmú por teljes mértékben újrahasznosított. Ugyanakkor ezekben az esetekben a fő cél nem a kéntelenítés volt, hanem a HCl, a HF, a fémek és a por eltávolítása. Mindemellett, még ezekben az esetekben is alacsonyabb szint érhető el olyan szulfátos hulladék folyamatos következetes kialakításával, amelyet kívül helyeznek el.

Ezért az üvegiparban, a kéntelenítés megfontolásakor fontos a lehetséges ellentétes hatások és egyéb környezeti célok veszélyeztetésének figyelembe vétele. Az SO_2 csökkentéshez kapcsolódó legfontosabb környezeti célok:

- magas cserep újrahasznosítási arányok
- hulladékképződés minimalizálása a belső és a külső por újrahasznosításával
- hulladékhő hasznosítása
- egyéb légköri kibocsátás csökkentések.

A cserep újrahasznosítás egy fontos környezeti cél az energia megtakarítás, a hulladék csökkentés és természeti erőforrások felhasználásának mérséklése miatt.

A 94/62/EC európai Direktíva meghatározza a csomagolási hulladék újrahasznosításának arányát, magában foglalva az üveget is: a legtöbb európai Tagállam a piacra kerülő csomagoló üveg körülbelül 60-70%-t hasznosítja újra. Például a csomagoló üveg kemencék

esetében Németországban a cserép újrahasznosítás jogszabályi kvótája 75% éves középértékként, és ezt a kvótát rendszeresen meghaladják. Ahol a cserepet magasabb kén tartalommal használják, mint a gyártott üvegé, a többlet kén magasabb SO_x kibocsátást eredményezhet. Ez a helyzet például a zöld és barna redukáló üveg esetében, ami kevert idegen cserepet használ. Néhány esetben, a gyártók számára a kevert idegen cserép az ilyen típusú cserép egyetlen elérhető forrása, és ennek a kén tartalma magasabb, mint a terméké az oxidált üveg (fehér csomagoló üveg, síküveg, bizonyos zöld üvegek) jelenléte miatt a cserépkeverékben. A szelektív cserépgyűjtés fokozatos fejlődése és a válogatás javítani fog a helyzeten. Ugyanakkor, az oxidált színezett üvegnek, mint bizonyos zöld üvegeknek, magas lehet a kén tartalmuk az oxidációs állapotuk miatt, és a szín szerinti szétválogatás kevésbé fogja hatékonyan csökkenteni a kén tartalmat, ha az ilyen üvegek nagy arányban vannak jelen.

A hulladék-megelőzés okán, a szűrőpor újrahasznosítása is fontos cél. A leválasztott por újrahasznosítása néhány szulfát tartalmú keverékanyag helyettesítését jelenti. Elviekben, a szűrőpor derítőszerként viselkedik, de néhány esetben lehet, hogy kevésbé hatékony és a 100%-os helyettesítés sem mindig lehetséges. A különböző üvegtípusoktól függően (pl. színezett, oxidációs állapot) változik a leválasztott por kénjéből származó szulfát abszorpció, és néhány esetben ez korlátozott. Tekintettel a teljes leválasztott por újrahasznosításra, és figyelembe véve a fent említett eltéréseket, a kén tömeg egyensúlyra különleges figyelmet kell fordítani, és a mosó berendezést úgy kell kialakítani, hogy lehetővé tegye a mosószernek megfelelő kiválasztását.

Az újrahasznosított szűrőpor a keverék beadagolás alatti finom por kiporzásának növekedését okozhatja, különösen amikor keverék előmelegítő van alkalmazva.

A száraz és félszáraz mosó technikák használatával összefüggő legfőbb előnyök és hátrányok összefoglalását a 3.38 Táblázat mutatja.

<u>Előnyök</u> ▪ az SO_x kibocsátás lényeges csökkentése érhető el (a fajlagos kén mérlegtől és az újrahasznosítástól függően) ▪ más anyagok kibocsátásának csökkentése (kloridok, fluoridok, szelén vegyületek, más savak pl. bórsav) ▪ a legtöbb üvegolvasztó létesítményben az összegyűjtött por újrahasznosítható, csökkentve az eredeti alapanyag igényt. Ez nem érvényes pl. a kőzetgyapotra. <u>Hátrányok:</u> ▪ a technika energiát fogyaszt ▪ szilárd maradékanyag keletkezéssel járhat, amit nem lehet mindig újrahasznosítani (különösen nagy abszorpció hatékonyaságánál), a a kén bevitel-eltávozás egyensúlytalansága, klorid felhalmozódás vagy az üveg minőség kérdései miatt, így növeli a hulladék mennyiségét. A legtöbb esetben újrahasznosítható, de ez a gyártáshoz való illesztését igényli és korlátozhatja az összes SO_x csökkentés hatékonyságát. Az üveggyártás néhány típusa esetében a szilárd maradékanyag teljes mértékben vagy részben hulladéklerakón kerül elhelyezésre. A kőzetgyapot esetében ez a por egyáltalán nem hasznosítható újra az eljárásban, kivéve, ha brikettező rendszer van használva. ▪ legtöbb esetben, ez a hulladék veszélyes hulladéknak minősül (a kémiai összetételtől függően) és ahol nem áll rendelkezésre lerakó, ott a hulladékot más országba, nagy távolságra kell szállítani (pl. sóbányákba Németországban) ▪ a technika jelentős tőkét és üzemeltetési költséget igényel.

3.38 Táblázat: A száraz és félszáraz mosó technikák fő előnyei és hátrányai

Minta létesítményeknél, egy száraz mosó lépcsővel kombinált szűrőrendszer alkalmazásával kapcsolatos elérhető kibocsátási szintekről közzé tett adatok, együtt a fő üzemeltetési paraméterekkel vannak bemutatva a 3.4.1.2 pontban és az alábbi, 3.39 Táblázatban.

	Csomagoló üveg⁽¹⁾	Síküveg⁽²⁾⁽³⁾
Kemence típus	U-lángú, regeneratív	Float, kereszt-tüzelésű, regeneratív
Tüzelőanyag	Földgáz + tüzelőolaj	Földgáz
Kemence kapacitás	300 t/nap	600 t/nap
Aktuális kihozatal	297 t/nap	600 t/nap
Elektromos pótfűtés	igen	igen
Üveg típus	Barna	Szintelen
Cserép	72%	25%
Fajlagos energia felhasználás	4.21 GJ/t üveg	Nem specifikált
Szűrőrendszer	ESP – 2 mezős	ESP – 2 mezős
Szűrő előtti hőmérséklet	400 °C	Nem specifikált
Megkötő anyag típusa	Ca(OH) ₂	Ca(OH) ₂
Megkötő anyag mennyisége	28 kg/óra	Nem specifikált
Szűrőpor újrahasznosítás a keverék összetételben	100%	Nincs elhelyezés
Kapcsolódó kibocsátási szintek (AELs)	Félóránkénti átlag értékek	Félóránkénti átlag értékek
mg/Nm ³ , száraz gáz, 8% O ₂	Por: 1.2 SO _x : 829 HCl: 25.0 HF: 3.3	Por: <20 SO _x : <300 HCl: <15 HF: <1
kg/t üveg	Por: 0.0019 SO _x : 1.34 HCl: 0.0405 HF: 0.0053	Por: <0.05 SO _x : <0.75 HCl: <0.04 HF: <0.003
1. A létesítmény egy hőhasznosító rendszerrel van felszerelve az ESP után. 2. A gázszennyezők eltávolítási hatékonysága: 36% SO _x -re, 57% HCl-re és 83% HF-re. 3. A kg/t üveg értékben megadott adatok a síküvegre vonatkozó, 2,5 x 10 ⁻³ konverziós tényezővel lettek kiszámolva. Forrás: [75, Germany-HVG Glass Industry report 2007] [84, Italy Report 2007]		

3.39 Táblázat: Szűrőrendszerrel kombinált szárazmosó használatával kapcsolatos kibocsátási szintek minta létesítményeknél

Alkalmazhatóság

Elvileg a technikák minden olyan folyamatban (az újat és meglévőt is ideértve) alkalmazhatóak, amelynek füstgáza savas anyagot tartalmaz. A magas porterhelés miatt a por eltávolítása elengedhetetlen. Az üvegiparban a száraz eljárás sokkal elterjedtebb; mert ez a leginkább költséghatékony módja az uralkodó technikai és szabályozási követelményeknek való megfelelésnek. A legáltalánosabban használt abszorbens a Ca(OH)₂, mészhidrát. Ezen technikák elvei, az alkalmazás méretétől függetlenül, azonosak. Ugyanakkor emlékezni kell arra, hogy a méret és ezért a tényleges költség, illetve talán a költséghatékonyság is, alkalmazásról alkalmazásra jelentősen változik. Kifejezetten korlátozott a kisebb eljárások esetén alkalmazott félszáraz mosás tapasztalata.

Gazdasági vonatkozások

Az ESP-vel, illetve zsákos szűrővel kombinált mosó rendszerek költségét a 3.4.1.2 és a 3.4.1.3 pont mutatja be. A nátrium-bikarbonát lényegesen drágább, mint a többi abszorbens, és nem használják olyan gyakran.

Jellemző száraz mosó alkalmazások becsült költségeinek összefoglalása alább van közzé téve.

Float üveg gyártás

- a float üveg kemencék alkalmazásainál a jellemző mosórendszerek költsége, a leválasztott por eltávolítással és tárolással együtt, a 250 000-500 000 EUR közötti tartományban mozog
- száraz mosóból és elektrosztatikus porleválasztóból álló teljes rendszer költségei egy körülbelül 500 tonna/nap kapacitású float kemence esetében, mintegy 3,5-4 millió EUR. és ez egészen 5,5 millióig emelkedhet egy nagy, 900 tonna/nap kapacitású kemence esetében.
- kombinált zsákos szűrő és száraz mosó rendszer alkalmazása mintegy 2-2,5 millió EUR beruházási költséget igényel.
- a kapcsolódó fajlagos költségek 4-6,5 EUR/tonna üveg között mozognak ESP-nél, és 4,5-7 EUR/tonna üveg zsákos szűrőnél.

Csomagoló üveg gyártás

- szárazmosóval kombinált ESP beruházási költsége 1,5-3 millió EUR között változik 300 és 600 tonna/nap kemence kapacitásokra; 750 tonna/nap (pl. kettő vagy több kemence kapcsolódik egy porszűrőhöz) olvasztási kapacitás felett meghaladhatják a 4 millió EUR-t.
- a zsákos szűrő szárazmosóval kombinált alkalmazásának beruházási költsége egy közepes méretű (<300 tonna/nap) kemence esetében nagyságrendileg 700 000 és 1,25 millió EUR között van.
- a zsákos szűrő fajlagos költsége 4-7 EUR/tonna olvadt üveg közötti, feltételezve a leválasztott por teljes elhelyezését és 2,7-5,5 EUR/tonna olvadt üveg érték az ESP-re a létesítmény kemence kapacitásától függően. A magasabb értékek a kisebb és idősebb kemencékre vonatkoznak, míg az alacsonyabbak a gáztüzelésű kemencékre és a szűrőpor teljes újrahasznosítására. A magasabb, 10-16 EUR/t olvadt üveg fajlagos költségek a kisebb (<150 t/nap) kemencékre vonatkoznak. Az olajtüzelésű kemencék esetében a fajlagos költségek mintegy 1,5 EUR/tonna üveg értékkel magasabbak

Más üveg szektorok

- kicsi, <40 tonna/nap kapacitású kemencék esetében a fajlagos költségeket 10-14 EUR/tonna üveg értékre becsülik zsákos szűrő használatával; elektrosztatikus porleválasztó alkalmazása esetén 15 és 17 EUR/tonna üveg értékek közötti költségeket

Kőzetgyapot gyártás

- a 200 t/nap kapacitású kőzetgyapot kúpoló kemencénél, standard zsákos szűrő technikához hozzá épített száraz mosó beruházási költsége 1.7 millió EUR-ra becsülhető, 340 000 EUR üzemeltetési költséggel, szűrőpor elhelyezést feltételezve. Ebben az esetben, a fajlagos költségeket megközelítőleg 9 EUR/t olvadt üveg értékekre becsülik. [115, EURIMA-ENTEC Costs evaluation 2008].

A félszáraz (szinte száraz) mosó rendszerek használatához kapcsolódó becsült, költségek a következők:

Float üveg gyártás

- zsákos szűrővel kombinált félszáraz mosó rendszer jellemző beruházási költsége mintegy 4,5-5 millió EUR tartományra becsülik egy közepes méretű kemencénél és nagy kemencéknél, egészen 900 tonna/nap kapacitásig, a beruházási költségek a 7 millió EUR-t is elérhetik.

- szűrőpor újrahasznosítású gáztüzelésű float üveg kemence fajlagos költsége 6-8 EUR/tonna üveg, összhangban a 0,75 EUR/kg eltávolított SO_x, és a 15-22 EUR/kg eltávolított por költséggel, abban az esetben, ha az összes leválasztott por újrahasznosításra kerül a kemencében. Ha a tüzeléshez tüzelőolajat használnak, a fajlagos költségek magasabbak lehetnek, mert az eltávolított por egy részének elhelyezése plusz költséget jelent, a 10-14 EUR/tonna üveg között mozgó költség mintegy 50-100%-kal magasabb, mint a száraz mosó költsége.

Csomagoló üveg gyártás

- egy 350 tonna/nap kapacitású kemencénél alkalmazott félszáraz mosó szakasz és zsákos szűrő kombinációja kb. 2,25 millió EUR beruházási költséget igényel.
- a kapcsolódó fajlagos költségek 5,5-6,5 EUR/tonna olvadt üveg vagy még magasabb.

Kőzetgyapot gyártás

- a 200 t/nap kapacitású kőzetgyapot kúpoló kemencénél, standard zsákos szűrő technikához hozzá épített fél-száraz mosó beruházási költsége 2.1 millió EUR-ra becsülhető, 250 000 EUR üzemeltetési költséggel, szűrőpor elhelyezést feltételezve. A kapcsolódó fajlagos költségeket megközelítőleg 9.5 EUR/t olvadt üveg értékekre becsülik. [115, EURIMA-ENTEC Costs evaluation 2008].

A 3.41 táblázat áttekintést ad az SO_x, HF, HCl, vagy bórsavak és szelén üvegolvasztó kemencék füstgázaiból történő eltávolításának különböző módszereiről. Ez a különböző DeSO_x technikákkal kapcsolatos teljesítményeket, előnyöket, hátrányokat, peremfeltételeket és költségeket foglalja össze.

Alkalmazási hajtóerő

A jogszabályi kibocsátási határok teljesítése általában a fő alkalmazási hajtóerő.

A savas gáznemű szennyezőanyagok, kifejezetten az SO₂, HCl és HF, kibocsátás csökkentésének lehetősége, a szűrő korrózióvédelmének szükségességével együtt a hajtóereje ezen technikák alkalmazásának, ez a legtöbb esetben fennáll, de nem mindig.

A fémkibocsátások csökkentésének szükségessége (pl. szelén a fehér csomagoló üvegből és a bronz síküvegből) hajtóerő lehet néhány alkalmazás esetében, ha a fémek a füstgázban döntően gáznemű vegyületek formájában vannak jelen.

Minta gyárak

Számos példa van ezen technikák üvegkemencéknél történő használatára, főképp a száraz eljárás elektrosztatikus porleválasztóval vagy zsákos szűrővel való alkalmazására. Európában, ahol másodlagos porcsökkentést is hozzákapcsolnak, a legtöbb kemence alkalmazza ezeket a technikákat. A kőzetgyapot szektorban nagyon kevés alkalmazásra van példa.

Referencia irodalom

[tm48 ADEME SO_x] [49, ADEME 1999] [tm41 VDI2578] [42, VDI 1997] [75, Germany-HVG Glass Industry report 2007] [76, TNO SO₂ 2007] [86, Austrian container glass plants 2007] [89, EURIMA Suggestions 2007] [94, Beerkens - APC Evaluation 2008]

3.4.3.4 Nedves mosók

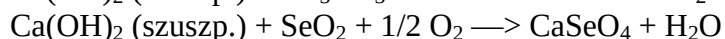
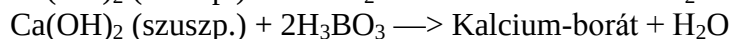
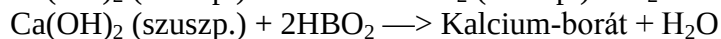
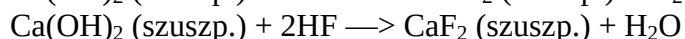
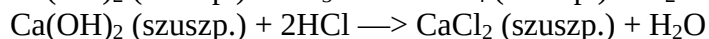
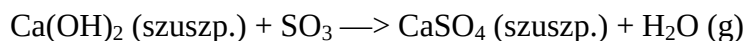
Leírás

A nedves füstgázmosás során a gázanyagokat (mint például HF, HCl, SO₃ és SO₂) először folyadékokban oldják, e gázok kiválasztott folyadékokban való oldhatósága alapján. Az oldhatóság mértéke az alkalmazott oldat vagy szuszpenzió alkalitásával növekszik. A gázok oldódásának sebessége fokozható a reaktív oldatok és a speciális töltelékes tornyok használatával, amelyek a füstgáz és a folyadékfázis közvetlen kapcsolatát teszik lehetővé. A folyadék általában ionvegyületek vizes oldata, amely fokozza a gázok oldhatóságát. A savas gázok gyors oldódásához szükséges reagens felesleg az oldatban nagyon kicsi. Ezt a sebességet elsősorban a gáz folyadék általi abszorpciója határozza meg.

Fontos a reaktor kialakítása, és gyakran alkalmaznak gáz-folyadék ellenáramot, valamint, hogy fokozzák az érintkezést magas turbulenciát tartanak fent a gázáramban. Nedves mosáshoz gyakran használnak nátrium-hidroxid vagy nátrium-karbonát oldatokat, de néha mészhidrát/mészkő-suszpenziót vagy –iszapot is alkalmaznak.

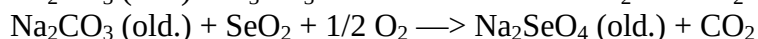
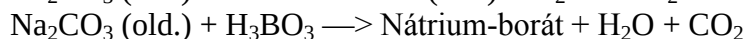
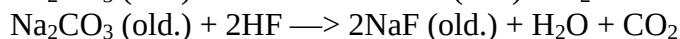
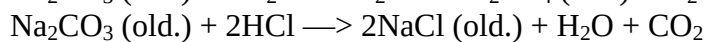
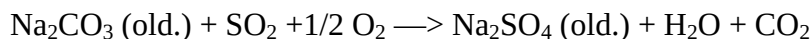
A nedves mosó áramlási irányában a füstgázok vízzel telítődnek, és szükséges a (elnyelt gázt tartalmazó) cseppek leválasztása a füstgáz kibocsátása előtt. A leválasztott folyadék oldhatatlan részecskéket, oldott anyagokat, reakciótermékeket és nem-reagált alkáli anyagokat tartalmazhat. A keletkező folyadékot szennyvíztisztító eljárással kell kezelni, az oldhatatlan anyagot ülepitéssel vagy szűréssel kell összegyűjteni a szilárd anyag vagy iszap koncentrált formában történő eltávolítására. Az összegyűjtött iszapot gyakran megszárazítják, vagy a víz egy részét eltávolítják az elhelyezés előtt. A legtöbb esetben, nagyon nehéz alapanyagként az iszapot az üvegkeverékben újrahasznosítani. A nedves tisztítás során fellépő jellemző reakciók a következők:

- Mészhidrát szuszpenzióval végzett mosási eljárás



(szuszp. = szuszpenzió) (g = gőz/gáz)

- Nátrium-karbonát oldattal végzett mosási eljárás



(old. = oldat)

Elért környezetvédelmi előnyök

Több, mint 90%-os eltávolítási hatékonyság érhető el a nedves mosókkal az alkalmazott abszorpciós szertől függően. Az üvegolvasztó kemencék füstgázának olyan gázszennyezőit, mint az SO₂, SO₃, HF, HCl, H₃BO₃, HBO₂ és SeO₂, lehet eltávolítani nedves mosóval.

Környezeti elemek kereszthatások

A fő kereszthatást a kibocsátás előtt kezelendő szennyvíz mennyisége jelenti. Továbbá, szilárd hulladék (szűrő pogácsa) vagy üledék keletkezik a szűrést vagy ülepítést követő préselés maradákeként a szennyvíz oldhatatlan anyagának leválasztásából. Az üledéket száraz vagy félszáraz alakban lehet leválasztani az alkalmazott rendszertől függően. Az üveg keverékben való üledék vagy szűrő pogácsa közvetlen felhasználása gyakran nem lehetséges, de ez nagyban a kémiai összetételétől függ. Néhány esetben, a szűrő pogácsa vagy üledék üvegkeverékben való újra felhasználása vagy újrahasznosítása az olyan anyagok üvegkemencében való feldúsulását jelenthetik, mint a kloridok, fluoridok vagy kén, ezen komponensek üvegolvadékban való korlátozott oldhatósága és a füstgáz ezen komponenseire nedves mosóval elért nagy eltávolítási hatékonyság miatt. Továbbá, a szűrő pogácsa vagy üledék újra felhasználása kezelési problémákat is felvet.

Az energia felhasználás a nedves mosó használatával kapcsolatos, és az alkálszer bepermetezéséhez, a szűrő tisztításához, a szűrő pogácsa/üledék pneumatikus szállításához, az elektrosztatikus erőterhez (nedves elektrosztatikus porleválasztó esetén), és a ventilátorhoz szükséges elektromos energiát tartalmazza.

A nedves mosó rendszerek szokásos energia felhasználása kb. 20-25 kWh/t olvadt üveg.

Az elektromos energia termeléssel kapcsolatos közvetett kibocsátásokat kb. 550-660 t CO₂/év értékre becsülik egy 100-125 t/nap létesítménynél.

Üzemeltetési adatok

Az üvegiparban alkalmazott jellemző üzemeltetési hőmérséklet 50 és 80 °C között van.

Legtöbb esetben, a használt abszorpciós szer konverziós hatékonysága nagyon magas és a szerből, a füstgázban jelenlévő SO₂, SO₃, HF, HCl, H₃BO₃, HBO₂ és SeO₂ relatív mennyiségének a sztöchiometrikus mennyiségét adagolják be. Mindazonáltal, a gázszennyezőkre nedves mosóval elért nagyobb eltávolítási hatékonyságot ellensúlyozhatja a porkibocsátás csökkentési arány jelentős mérséklődése, a száraz és félszáraz szűrővel való kombinációjához viszonyítva.

Alkalmazhatóság

A nedves mosókat nem túl gyakran használják az üvegiparban, a nagyobb költségek és a szennyvíz kezelési szempontok miatt. A szennyvíz kezelés gyakran eredményez olyan üledéket vagy szilárd maradékot, amelyik nem-reagált anyagot (pl. mészke), reakcióterméket és vizet tartalmaz. Ez az üledék gyakran nem használható az üveggyártás alapanyagaként, és a víztartalom döntő részét az üledékből a külső lerakóba történő szállítás és elhelyezés előtt el kell távolítani.

A nedves mosókat az ásványgyapot szektorban használják, a száraz és a kikeményítő kemence gázainak tisztítására. Lásd a 3.5.5.1.2 és 3.5.5.2.2 pontokat.

A hideg-boltozatú elektromos kemencék füstgázainak kezelésére is alkalmaznak nedves mosó rendszereket.

Korlátozott számú esetben, a csomagoló üveg kemencék meleg-végi bevonó berendezéseinél is alkalmaznak nedves mosókat, azért, hogy az ön, szerves-ön vegyületeket és kloridokat eltávolítsák a füstgázból. Ezt a kezelést az olvasztókemencéből származó füstgázokkal

kombinált forró-végi bevonó eljárások kibocsátásainak közönséges eljárásaihoz lehet hozzáadni vagy ahelyett, amint ez a 3.5.1 pontban le van írva. Ebben az esetben, abból a megfontolásból, hogy a szűrőre küldött klóros gázok koncentrációját csökkentésük (száraz mosó plusz szűrő).

Gazdasági vonatkozások

A fő eredmények magukba foglalják az alábbiakat:

- a nedves mosók alkalmazásának beruházási költségei kb. 2-3 millió EUR, 10 000-15 000 Nm³/óra füstgázmennyiségnél. A jellemző fajlagos költségek a 15-20 EUR/t olvadt üveg tartományban vannak, vagy 1-1.5 EUR/kg eltávolított SO_x és 15-25 EUR/kg eltávolított por. Ezek a költségek magukba foglalják a szűrő üzemeltetését, amelyet szükségesnek tekintenek a részecske kibocsátás csökkentésére. Ebben az esetben, a nedves mosás költségei lényegesen magasabbak, mint a szárazmosó plussz egy szűrő.
- az oxy-tüzelőanyag tüzelésű kemencéhez vagy levegő-tüzelőanyag tüzelésű rekuperatív kemencénél alkalmazott nedves mosó becsült beruházási költségei egy folyamatos üvegrost 100-125 t/nap kapacitású gyártásnál 2.6-3.0 millió EUR tartományban vannak, az üledék és szennyvíz kezeléssel együtt. Az éves üzemeltetési költségek kb. 300 000 EUR/év kemencénként. A további termelési költségeket 14 és 16 EUR/t üveg közötti tartományra becsülik, 100 EUR/t hulladék elhelyezési költségeket feltételezve, és nem tartalmazzák a vízkezelés költségeit, amelyek jelentősen megemelnék a fajlagos értékeket. Ezek a költségek jelentősen megnövekednének a nagyobb hulladék lerakói díjakkal (400 EUR/t hulladék), egészen 20-22 EUR/t üveg értékig. Ebben az esetben, az SO_x eltávolítás fajlagos költségei kb. 1-1.65 EUR/kg eltávolított SO₂ és 20-30 EUR/kg eltávolított por lennének.
- az asztali áru, csomagoló üveg és float üveg berendezésekhez való alkalmazásokról költségadatok nem érhetők el, mivel a technikát ezek a szektorok jelenleg nem használják

Alkalmazási hajtóerő

Egy nedves mosó rendszer üzembe helyezésének hajtóereje azon gázkibocsátások minimalizálásának a követelménye lehet, amelyet kimondottan nehéz kezelni más szabályozási technikákkal, mint a bórsavak. Mindazonáltal, jelentős keresztthatások kapcsolatosak ehhez a technikához, veszélyeztetve a nedves mosás alkalmazását.

Minta gyárak

Nagyon korlátozott számú alkalmazás üzemel az üvegiparban, néhány rendszert a folyamatos üvegrost olvasztó kemencéknél (kettő kemence Hollandiában) és a speciális üveggyártásban (pl, Németországban és Ausztriában) használnak. A háztartási üveg szektorban, a technikát egy viszonylag kis olaszországi üzemnél alkalmazzák, hat elektromos kemence füstgázainak kezelésére.

Speciális üveget gyártó minta létesítményre vonatkozó adatok a 3.40 Táblázatban vannak közzé téve.

Üzemeltetési paraméterek		
Kemence típus		Elektromos olvasztás
Kemence kapacitás		40 t/nap
Jelenlegi kihozatali arány		32 t/nap
Kemence kora		3.5 év
Üveg típus		Mész-nátron lámpafejekhez
Cserép (csak saját)		30%
Fajlagos energia fel-használás (csak olvasztás)		4.50 GJ/t üveg
Teljes energia felhasználás (per t olvadt üveg)		7.11 GJ/t üveg
Füstgáz kezelő rendszer		Nedves mosó
Kibocsátási szintek ⁽¹⁾		
	mg/Nm ³ , száraz gáz	kg/t olvadt üveg
Részecske anyag	1.8	0.017
NO _x ⁽²⁾	159	1.54
SO _x	2.3	0.022
HCl	<0.2	<0.002
1. A kibocsátási adatok félóránkénti szakaszos mérésekre vonatkoznak.		
2. Az NO _x kibocsátások a keverék összetételben lévő nitrátokból származnak.		

3.40 Táblázat: Speciális üveget gyártó minta létesítmény elektromos kemencéhez alkalmazott nedves mosással kapcsolatos kibocsátási szintek

[111, Austrian Special glass plant 2006]

Referencia irodalom

[94, Beerkens - APC Evaluation 2008]

A 3.41 táblázat áttekintést ad az SO_x, HF, HCl, vagy bórsavak és szelén üvegolvasztó kemencék füstgázaiból történő eltávolításának különböző módszereiről. Ez a különböző DeSO_x technikákkal kapcsolatos teljesítményeket, előnyöket, hátrányokat, peremfeltételeket és költségeket foglalja össze.

A 3.41 Táblázatban feltüntetett költségek az EU-27 átlagos helyzetére vonatkoznak (2007-es év). Ezért figyelembe kell venni, hogy ezek a költségek az egyes tagállamokban eltérőek lehetnek, és időről-időre is változnak (pl. az energiaárak nagyon változóak).

A kombinált por és SO_x csökkentésnél alkalmazott különböző Légszennyezés Szabályozó Rendszerekre (LSZR) vonatkozó fajlagos költségek összegzése a 3.42 Táblázatban található.

Különböző üveg kemencéknél és változó légszennyezés szabályozó technikákra számított fajlagos közvetett kibocsátások becslése a 3.43 Táblázatban található.

Mosó rendszer									
Mosó típus	Szárász					Félszárász			Nedves
Abszorpciós szer	Ca(OH) ₂	NaHCO ₃	Nem kalcinált szóda Na ₃ H(CO ₃) ₂ ·2H ₂ O	Ca(OH) ₂	NaHCO ₃	Ca(OH) ₂ szuszpenzió	Na ₂ CO ₃ oldat	Na ₂ CO ₃ oldat	Ca(OH) ₂ szuszpenzió
Szűrő típus	Zsákosszűrő	Zsákosszűrő	ESP ⁽¹⁾	ESP ⁽¹⁾	ESP ⁽¹⁾	Zsákosszűrő	Zsákosszűrő	ESP ⁽¹⁾	
Üvegipari alkalmazás	Nagy	Nagyon kicsi	Nagyon kicsi	Nagyon nagy	Közepes	Kicsi	Kicsi	Kicsi	Kicsi
Jellemző hőmérséklet tartomány (°C)	140 - 180	140 – 180	300 – 350	300 - 400	250 - 350	160 – 180	180 - 200	250 – 400	60
SO ₂ eltávolítási hatékonyság %-ban n=1 sztöchiometriai adagolásnál	10 - 25-ig	75	75 - 90	30 - 40	>> 60	Nem elérhető	70 - 90		> 90
Szűrőpor összetétel (2)	CaSO ₃ , CaSO ₄ , CaF ₂ , CaCl ₂ , CaCO ₃ , Ca(OH) ₂ , Na ₂ SO ₄	Na ₂ SO ₄ , NaCl	Na ₂ SO ₄ , NaCl	CaSO ₄ , CaSO ₃ , CaF ₂ , Ca(OH) ₂	Na ₂ SO ₄ , NaCl	CaSO ₄ , CaSO ₃ , CaF ₂ , Ca(OH) ₂	Na ₂ SO ₄ , Na ₂ SO ₃ , Na ₂ CO ₃ , NaCl	Na ₂ SO ₄ , Na ₂ SO ₃ , Na ₂ CO ₃ , NaCl	CaSO ₄ , CaSO ₃ , CaF ₂
Előnyök	Egyszerű eljárás, csak füstgáz hűtés Zsákosszűrő poreltávolítást és reakciót ad	Egyszerű eljárás, csak füstgáz hűtés Zsákosszűrő poreltávolítást és reakciót ad	Egyszerű eljárás, csak füstgáz hűtés Zsákosszűrő poreltávolítást és reakciót ad	Alacsony abszorpciós szer felhasználás, a költségű vegyszerek	HCl-re és SO _x -re nagy abszorpció	Alacsony abszorpciós szer felhasználás, a költségű vegyszerek és alacsonyabb beruházási költségek a nedves mosókhoz képest		Jó abszorpciós teljesítmény, de száraz finom (örölt) szódaporrall is jó hatékonyságot is lehet elérni	Alacsony abszorpciós szer felhasználás, a költségű vegyszerek
Hátrányok	Nagy felhasználás a reagensből ha nagy eltávolítási hatékonyság kell; nagy mennyiségű szűrőpor lesz	Drágák lehetnek a reagens	Nehéz beszerezni a reagenset Európában	Nagy felhasználás a reagensből Nagy mennyiség a szűrőporból	Drága reagens	Drága a porlasztószárító. Költséges anyagok a zsákosszűrőhöz Nagyobb beruházási költségek a száraz mosóhoz képest	Drága a porlasztószárító. Költséges anyagok a zsákosszűrőhöz Nagyobb beruházási költségek a száraz mosóhoz képest	Több karbantartást igényel, mint a száraz mosók	Füstgáz visszafűtés a kémény előtt Szennyvíz képződés, gipsz komplex, berendezés dugulás, Nagy beruházási kgt

Mosó rendszer									
Mosó típus	Száras					Félszáras			Nedves
Abszorpciós szer	Ca(OH) ₂	NaHCO ₃	Nem kalcinált szóda Na ₃ H(CO ₃) ₂ ·2H ₂ O	Ca(OH) ₂	NaHCO ₃	Ca(OH) ₂ szuszpenzió	Na ₂ CO ₃ oldat	Na ₂ CO ₃ oldat	Ca(OH) ₂ szuszpenzió
Szűrő típus	Zsákos szűrő	Zsákos szűrő	ESP ⁽¹⁾	ESP ⁽¹⁾	ESP ⁽¹⁾	Zsákos szűrő	Zsákos szűrő	ESP ⁽¹⁾	
Fontos tényezők	Javulás a harmatpont közeli hőmérséklethez. Ca(OH) ₂ adagolási méret és Ca(OH) ₂ BET	Szódabikarbóna részecskék adagolása és mérete	<30mikronnál kisebb szódapor adagolása; előnyös a füstgázba keverése	>350C-nál magasabb hőmérséklet előnyös; Ca(OH) ₂ por méret és BET	Részecskék adagolása és mérete; füstgázba keverése	Mészke adagolás	Szóda adagolás	Szóda adagolás	Folyadék és gáz érintkezése Hőmérséklet Szuszpenzió bázikussága
Költségek/t olvadt üveg szűrőpor Újra-hasznosítással EUR/t	2.5-3	3.5	3.5	3	4	Nem ismert	5-6	6-8 becsült	10-16
Költségek/t olvadt üveg szűrőpor Újrahasznosítás nélkül EUR/t	3-4	4.5	4.5	3.5	5	Nem ismert	7-10	8-11	12-20
Kombináció DeNO _x -al	SCR nem lehetséges gáz visszamelegítés nélkül	SCR nem lehetséges gáz visszamelegítés nélkül	ESP utáni hőmérsékletnek >350°C-nak kell lennie	ESP utáni hőmérsékletnek >350°C-nak kell lennie	ESP utáni hőmérsékletnek >350°C-nak kell lennie	SCR nem lehetséges gáz visszamelegítés nélkül	SCR nem lehetséges gáz visszamelegítés nélkül	SCR-el kombináció csak akkor, ha ESP 350-360°C felett üzemel	SCR nem lehetséges gáz visszamelegítés nélkül 60-350°C
1. Elektrosztatikus porleválasztó (ESP) 2. Üvegtípustól függ, fehérüveg termelésnél CaSeO ₃ és Na ₂ SeO ₃ képződhet.									

3.41 Táblázat: DeSO_x módszerek összehasonlítása üveg olvasztó kemencék füstgázainál [94, Beerkens - APC Evaluation 2008]

3.4.4 Fluoridok (HF) és kloridok (HCl)

Ebben a részben minden gázállapotú fluoridra és kloridra a hidrogén-fluorid (HF), illetve a hidrogén-klorid (HCl) kifejezés használatos. A halogenidek nagy többségét így bocsátják ki. A HF és HCl kibocsátások a keverékanyagban lévő szennyeződésekől származnak, vagy olyan keverékanyagokból, melyeket azért választanak, mert elegendő mennyiségben tartalmazzák a kívánt termékjellemzők eléréséhez.

3.4.4.1 Alapanyag kiválasztással történő csökkentés

A legtöbb eljárás során a HF és HCl kibocsátások a keverékanyagban lévő szennyeződésekől erednek, amelyek az olvasztás közben távoznak. Sok alapanyag csak igen kevés fluort és klórt tartalmaz, így csekély hatással vannak a végső kibocsátási szintre. Néhány nyersanyag, beleértve az idegen cserepet is, azonban szennyezőanyagként jelentős mennyiségben tartalmazza ezeket az elemeket és a csoport főbb típusai a következők:

- mesterséges szóda, amely megközelítőleg 0.05–0.15%-ban tartalmaz NaCl maradékot
- dolomit, amely jelentős mennyiségben tartalmaz fluorid szennyező anyagokat
- újrahasznosított üvegcserep, amely nagy mennyiségben tartalmaz számos különféle szennyező anyagot, főleg kloridokat, fluoridokat és fémeket. Ezen anyagok mennyisége a beszállított cserep tisztaságától függően változik, de azokban a régiókban, ahol a magas szintű újrahasznosítás jellemző, ezek az anyagok fokozatosan beépülhetnek az üvegbe
- a porcsökkentő berendezésekből újrahasznosított por fluorid- és klorid-sókat tartalmaz, amelyek a beépülhetnek a rendszerbe
- néhány tüzelőanyag (pl. bizonyos forrásokból származó koks) kloridokat tartalmazhat
- idegen újrahasznosított cserepben lévő műanyagok, amelyek kloridokat tartalmazhatnak.

Azon eljárások esetén, amelyek magas szódatartalmú keveréket használnak (elsősorban mésznátron üveggyártás), a klorid kibocsátás sokkal nagyobb mértékű, mint pl. üveggyapot vagy folyamatos üvegrost gyártása esetén. Azon eljárások közül, amelyek a keverékben nem szándékosan használják ezeket az anyagokat, a legmagasabb szintű HCl és HF kibocsátás a sík- és a csomagoló üveg gyártására jellemző.

A kibocsátási szintet az alapanyagok gondos kiválasztásával lehet minimalizálni. A szóda NaCl szintjével foglalkozó kérdések a 3.4.1.1 pontban kerülnek tárgyalásra. Számos egyéb, a 3. fejezetben tárgyalt technikának szintén jótékony hatása van a HF és HCl kibocsátásokra. Ezek elsősorban olyan eljárások, amelyek hőmérséklet-, légáram- és turbulencia-csökkentéssel az elpárolgás mértékét csökkentik. Ilyen eljárások például:

- fokozott cserephasználat, amely csökkenti a hőmérsékletet és az energiafelhasználást, és helyettesíti a szódát, ami a klorid szennyeződés forrása. Paradox hatású lehet, ha a cserepnek magas a HCl és HF tartalma
- elektromos pótfűtés
- jobb kemencekialakítás és geometria
- égőpozícionálás
- csökkentett levegő/tüzelőanyag arány
- alacsony NO_x égőrendszerek
- oxy-tüzelőanyag olvasztás
- elektromos olvasztás.

Az üvegipar által gyártott számos terméktípus használ fluorid tartalmú anyagokat, hogy az anyag speciális tulajdonságait kiemeljék, vagy teljesítsék az üveg minőségi követelményeit. Ennek legfontosabb példáit az alábbiakban mutatjuk be.

Átlátszatlan üvegek

Átlátszatlan üvegeket a háztartási, speciális és esetenként a csomagoló üveg gyártó szektorban gyártanak. A fluorid bevitel kristályosodást okoz, amely a jellegzetes homályos és átlátszatlan megjelenést adja. E termékeket gyártó üzemek többsége a száraz mosási eljárást alkalmazza a HF kibocsátás csökkentésére. Nincsenek olyan gyakorlati alternatívák, amelyek hasonló minőséget eredményeznének. Sok esetben az átlátszatlan üveget hideg-boltozatú elektromos kemencékben olvasztják. Ez csökkenti a kibocsátást, mert a fluorid jelentős része elnyelődik a keverékrétegben, és egészében véve kevesebb fluoridra van szükség. Az elektromos olvasztó nagymértékben csökkenti a kezelendő füstgáz mennyiségét is.

A speciális üveget gyártó szektor fluor koronaüveget is gyárt, amely nagyon magas fluorid tartalmú optikai termék. Ennek az üvegnek a gyártási mennyisége nagyon alacsony, és ezt az EU-ban mindig füstgázkezeléssel együtt alakítják ki.

A füstgázkezeléssel szemben általában előnyben részesülnek az alapanyag kiválasztással történő csökkentést célzó intézkedések. Fluor tartalmú üvegek esetében a fluor tartalom csökkentését célzó intézkedések szigorúan korlátozhatják az üzemeltetési feltételeket, és jelentős fejlesztési erőforrásokat követelnek. Ahol a kibocsátás csökkentést jogszabály írja elő, sok gyártó arra kényszerül, hogy a füstgázkezelést, ezen belül elsősorban a száraz tisztítást részesítse előnyben.

3.4.4.2 Mosási technikák

E kibocsátások mosási technikái száraz, félszáraz vagy nedves eljárások lehetnek. Ezeket az eljárásokat és az elérendő kibocsátási szinteket a fenti 3.4.3.3 és 3.4.3.4 pont tárgyalja. Az abszorbens típusának kiválasztása fontos tényező, és néha választani kell az SO₂ csökkentés és a HF, illetve HCl csökkentés között. Különösen akkor mennek végbe egymással vetekedő reakciók, ha a HCl/HF-t és az SO₂-t nátrium-karbonáttal reagáltatjuk. Az optimális választás számos tényezőtől függ, például a füstgázban található különböző szennyező anyagok relatív szintjétől. Az üveggyártó iparban alkalmazott legközönségesebb alkáli reagensek különböző eltávolítási hatékonyságai a 3.32, 3.35 és 3.36 Táblázatokban találhatók.

Másik technika a nedves mosás, amely technikailag és gazdaságilag nagyon kicsi volumenű termelés (pl. egyes fritt kemencék) esetén valósítható meg életképesen, amely vizet vagy egy még hatékonyabb alkáli oldatot keringtető töltelékágyas mosóberendezést alkalmaz. Ezen eljárás fő hátránya, hogy szennyvízáram alakul ki.

3.4.5 Szén-oxidok

A szén-oxidok a szén-dioxid (CO₂) és a szén-monoxid (CO). A szén-monoxid tökéletlen égés termékeként keletkezik, és üvegipari üzemekből ritkán bocsátódik ki környezetkárosító mennyiségben. Jelentősebb mennyiség a kőzetgyapot kúpoló kemencékben található, de a legtöbb üzem rendelkezik utóégetővel, amely a légkörbe bocsátás előtt oxidálja a kibocsátott anyagokat. A szén-dioxid fosszilis tüzelőanyagok vagy egyéb szerves anyagok égése során keletkezik, a karbonátok bomlása és egyéb, a keverékben jelenlévő széntartalmú alapanyagok (pl. salak, szén) oxidációjával. A szén-dioxid kibocsátás mértéke nagymértékben függ az olvasztási eljárás energiahatékonyságától, és jelentősen változhat attól függően, hogy

elsődleges vagy másodlagos technikákat alkalmaznak-e más szennyező anyagok szabályozására, pl. keverék és cserép előmelegítést, utóégetést vagy a 3R eljárást, stb..

A karbonátok, mint például a szóda és a mészkő, az alkálifém-oxidok és az alkáliföldfém-oxidok fő forrásai az üvegiparban. Mostanában azonban egyes üveggyártási eljárások során a karbonátok helyett kalcinált meszet vagy dolomitot használnak. Ezen oxidok egyetlen valós alternatív forrása az újrahasznosított hulladék, vagy az eljárások során keletkező hulladék. Ez az üveggyártás számára a cserép, az ásványgyapot gyártás számára pedig az eljárások során keletkező hulladék, újrahasznosított termék és salak (kizárólag kőzetgyapot gyártás). Ezen anyagokkal kapcsolatos kérdések jelen dokumentum más részeiben kerülnek tárgyalásra, de általánosságban a használatukat befolyásoló főbb tényezők a megfelelő minőségű és mennyiségű anyagokhoz való hozzáférhetőség és az ellátás rendszeressége. Általában ezen anyagok nagy felhasználása csomagoló üvegre és üveggyapotra korlátozódik cserépként és kőzetgyapotra salakként.

A szén-dioxidnak jól ismert környezeti hatásai vannak, de a 2010/75/EU Direktíva II. Melléklete nem sorolja a fő szennyező anyagok közé. Az újrahasznosított anyagok fokozódó üvegipari használata az energia megtakarítás és hulladékcsökkentés szükségességének köszönhető, a karbonáttartalmú anyagok ezekkel történő helyettesítése csak jótékony kiegészítő hatás. A CO₂ kibocsátás csökkenése szintén a csökkentett tüzelőanyag felhasználásból adódik, amelyet befolyásol az energiafelhasználás, az üzemeltetési költségek és még az NO_x kibocsátás csökkentésének szükségessége.

Sok, jelen fejezetben tárgyalt technikának jelentős hatása van a szén-dioxid kibocsátásra, de az energiafelhasználás és az egyéb szennyező anyagok vonatkozásán túlmutató technikákat nem vesszük figyelembe az üvegipari alkalmazásokra vonatkozó BAT meghatározása során.

A közvetett CO₂ kibocsátást szintén figyelembe kellene venni az alkalmazások szén-oxid kibocsátáshoz történő összes hozzájárulásával kapcsolatban különösen, ha a gyártási folyamathoz és légszennyezés szabályozó rendszer üzemeltetéséhez elektromos energia szükséges.

A szén-dioxidot (és más üvegház hatású gázkibocsátások) elsődlegesen az Európai Parlament és a Bizottság által kialakított, a közösségre vonatkozó ÜHG kibocsátás egységek kereskedelmi sémájának (EU ETS) „leány” Direktívája (2003/87/EC) szabályozza.

Por + SO _x csökkentés										
Üvegtípus	Termelés	ESP+száraz mosó Ca(OH) ₂ szűrőpor újrahasznosítás	ESP+száraz mosó Ca(OH) ₂ szűrőpor elhelyezés	ESP+száraz mosó NaHCO ₃ szűrőpor újrahasznosítás	ESP+száraz mosó NaHCO ₃ szűrőpor elhelyezés	Zsákos szűrő+száraz mosó szűrőpor újrahasznosítás	Zsákos szűrő+száraz mosó szűrőpor elhelyezés	Zsákos szűrő+fél-száraz mosó szűrőpor újrahasznosítás	Zsákos szűrő+fél-száraz mosó szűrőpor elhelyezés	Nedves mosó
	t üv./nap	EUR/t üveg	EUR/t üveg	EUR/t üveg	EUR/t üveg	EUR/t üveg	EUR/t üveg	EUR/t üveg	EUR/t üv.	EUR/t
Float	500	4.8	6.51			6		7 - 7.35	9.6 (gáz)-13 (olaj)	
Float	700	4.27	5.87	4.39	7.75		6.98			
Float	900	3.88	5.44					5.82	8.33	
Csomagoló	100-150	11	14							
Csomagoló	200					4.63-5.9	4.8-7			
Csomagoló (olaj)	200					6.4	9.25			
Csomagoló (olaj)	300 - 350	4.52 - 6	6.31 - 7.5		7.38 - 8.33	3.86 - 5	4.11 - 7.3	5.3	6.54	
Csomagoló	450	3.96 - 5.2	4.77 - 6.5			2.9	3.6			
Csomagoló (olaj)	600	3.58	5.1			2.7	3.37			
Csomagoló (gáz)	740	4	5.1							
Csomagoló (gáz)	1240	3.4	4.6							
Csomagoló (olaj)	1240	3.7	6.2							
Asztali áru	30 - 35	15.65	16.7			12.85	13.84			
Asztali áru	180 - 200		7.66			3.75 - 4.35				
E-üveg oxy	100 - 120						11			14.4-21.5 *
E-üveg lev.	100 - 120									15.7-20.5 *
* a magasabb érték 400 EUR/t szűrőpor elhelyezéssel										

3.42 Táblázat: Üvegkemencék különböző LSZR módszerei fajlagos költségeinek áttekintése por és SO_x csökkentésre [94, Beerkens - APC Evaluation 2008]

	LSZR	Alkalmazás és Tüzelőanyag.	NO _x csökk.	Közv.tett NO _x ⁽¹⁾	Ntto NO _x csökk. hatás	Por csökk.	SO _x csökk.	Közv.tett SO _x ⁽¹⁾	⁽²⁾ Extra CO ₂ közv.+ közv.tlen	Hull. elhely.	NH ₃	Ca(OH) ₂	NaHCO ₃	Szóda	El. áram
t üveg/év			g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kWh/t
255500	ESP & száraz Ca(OH) ₂ mosó	700 t/nap float üveg kemence gáz	0	21	-21	407	795	74	10	3.82		2.64			11.94
109500	ESP & száraz Ca(OH) ₂ mosó	300 t/nap csom. üveg kemence gáz	0	18	-18	237	795	64	8	3.79		2.75			9.95
10950	ESP & száraz Ca(OH) ₂ mosó	30 t/nap asztali üveg kemence gáz	0	38	-38	423	440	137	17	2.89		2.04			22.28
255500	ESP & száraz NaHCO ₃ mosó	700 t/nap float üveg kemence gáz	0	27	-27	407	1620	90	16	6.09			6.33		14.40
182500	Zsák & száraz Ca(OH) ₂ mosó	500 t/nap float üveg kemence gáz	0	35	-35	438	871	125	16	4.00		3.05			20.02
109500	Zsák & száraz Ca(OH) ₂ mosó	300 t/nap csom. üveg kemence gáz	0	24	-24	192	216	89	10	1.40		1.00			13.68
182500	Félszáraz mosó és zsák	500 t/nap float üveg gáz	0	45	-45	380	1584	165	22	4.97				3.29	26.52
182500	Félszáraz mosó és zsák	500 t/nap float olaj <1 % kén	0	45	-45	459	3644	164	26	11.01				7.54	26.28
40150	Nedves mosó	100-120 t/nap E-üveg levegő tüzelés	0	42	-42	927	548	152	20	20.55		5-6 gyors mészhidrát			24.21
40150	Nedves mosó	100-120 t/nap E-üveg oxigén tüzelés	0	36	-36	655	448	127	17	20.55		5-6 gyors mészhidrát			20.42
328500	SCR	900 t/nap float üveg gáz	3820	8	3814			25	4		1.41				3.99
109500	SCR°	300 t/nap csom. gáz	1461	7	1452			23	3		0.57				3.20
10950	SCR	30 t/nap asztali gáz	2160	18	2146			62	8		0.84				8.04
36500	SCR	100 t/nap asztali gáz	3562	20	3534				9		1.40				10.68
237250	3R	650 t/nap float üveg gáz	3987	0	3987				28						
109500	3R	300 t/nap csom. gáz	1534	0	1534				18						

	LSZR	Alkalmazás &Tüzelőanyag.	NO _x csökk.	Közv.tett NO _x	Ntto NO _x csökk. hatás	Por csökk.	SO _x csökk.	Közv.tett SO _x	Extra CO ₂ közv.& közv.tlen	Hull. elhely.	NH ₃	Ca(OH) ₂	NaHCO ₃	Szóda	El. áram
t üveg/év			g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	g/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kg/t	kWh/t
116800	SNCR	320 t/nap csom. gáz	868	3	865			9	2		0.48				
36500	SNCR°	100 t/nap E- üveg	1512	6	1507			20	3		0.84				
328500	Alap alacsony NO _x	900 t/nap float üveg gáz	1689	0	1689				0						
182500	Alap alacsony NO _x	500 t/nap float üveg olaj	1847		1847				0						
109500	Alap alacsony NO _x	300 t/nap csom. gáz							0						
255500	Kibővített alacsony NO _x	700 t/nap float üveg gáz	1319		1319										
328500	Kibővített alacsony NO _x	900 t/nap float üveg olaj	2761		2761				0						
109500	Kibővített alacsony NO _x	300 t/nap csom. gáz	1023		1023				0						
65700	Kibővített al. NO _x + elektr.	180 t/nap asztali borosz.	10822		10822				171						25.01
182500	Oxy-tüzelő	500 t/nap float üveg gáz	2247	232	2016			844	56						135.56
82125	Oxy-tüzelő	225 t/nap csom. gáz	901	21	879				30						79.22
10950	Oxy-tüzelő	30 t/nap asztali gáz	1735	164	1553				-172						95.71
36500	Oxy-tüzelő	100 t/nap E- üveg gáz	2200	244	1956			885	-51						110.41
14600	Elektromos olvasztó	40 t/nap ólomkristály	2438	1295	1144				-15						747.95
10950	Elektromos olvasztó	30 t/nap ólomkristály	2466	1032	1425				-59						600.00
7300	Elektromos olvasztó	20 t/nap ólomkristály	1918	1918	0				-168						1056.16
127750	Keverék előmelegítő	350 t/nap csom. kem.	225	12	214		407	43	5						6.86

1. Elektromos áram termelés (EU átlag), ammóniagyártás, szóda és szóda-bikarbónagyártás, mészhidrátgyártás, oxigéntermelésből származó külső kibocsátások.
2. Az extra CO₂ kibocsátás nem tartalmazza a Ca(OH)₂ gyártásból származó mennyiséget.
3. Az extra CO₂ kibocsátás egyenértékű –30 kg/t olvadt üveg. Az érték a füstgáz ventilátor extra elektromos áram 5 kg/t értékből és a 35 kg/t CO₂ kibocsátás csökkentéséből jön.

3.43 Táblázat: Különböző üvegekemencék különböző LSZR módszereinek fajlagos közvetett kibocsátásainak becslése [94, Beerkens - APC Evaluation 2008]

3.5 NEM OLVASZTÁSBÓL LEVEGŐBE TÖRTÉNŐ KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSÉNEK TECHNIKÁI

Ez a pont azokat a tevékenységeket takarja, amelyek nem az olvasztással vagy az anyagok kezelésével kapcsolatosak. Ezek a tevékenységek a termékformázást és bármely, a terméken végzett műveletet jelentik, amelyeket a fő folyamat részének tekintenek. Az üvegiparban a tevékenységek legtöbbszörénél, az alapanyagok megolvasztása a legelső elvégzendő nagy tevékenység, és az ezután következőket néha a „sorban következő, vagy további” tevékenység kifejezésként használjuk ebben a dokumentumban.

A sorban következő tevékenységek nagyon szektor specifikus természete miatt, a leírás szektoriális alapon jelenik meg.

3.5.1 Csomagoló üveg

A nem olvasztásból származó kibocsátások fő forrása a csomagoló üveg termelésnél a melegvégi bevonó eljárás. A bevonat, egy rendkívül vékony fémoxid réteg, amelyet a formázó gépből kikerülő forró termékre úgy visznek fel, hogy az áthalad egy ón és titán vegyületek gőzeit tartalmazó süvegen. A leggyakoribb anyagok az ón-tetraklorid-anhidrid (SnCl_4), a monobutil-ónklorid ($\text{C}_4\text{H}_9\text{SnCl}_3$) és a titán-tetraklorid-anhidrid (TiCl_4). A kibocsátások HCl-ből, oxykloridokból, ón és titán-oxidokból (SnO_2 , TiO_2), mint finom részecskékből állnak, valamint nem reagált bevonó anyagokból. Kisebb illó szerves vegyületek (VOC) kibocsátásai szintén jelentkezhetnek a bevonó műveletnél. Ezek a kibocsátások nem túl jelentősek, így tovább már nem fordulnak elő ebben a dokumentumban.

Az első lépés a kibocsátás csökkentésénél, hogy a termék követelményekkel kapcsolatos bevonat felhasználást minimalizáljuk. Az anyag felhasználást a felhasználási terület jó tömítésével tovább lehet optimalizálni a veszteségek minimalizálására.

Jelenleg, a melegvégi bevonó műveletből származó hulladék gázokat négy különböző lehetséges módon kezelik:

- elszívják, és közvetlenül kibocsátják a légkörbe
- elszívják és másodlagos technikával pl. nedves mosással vagy száraz mosással és szűréssel kezelik
- a mosó és a szűrőrendszer előtt a kemence füstgázába engedik
- a hulladékgazt a kemence égéslevegőjével keverik össze

Általában, melegvégi bevonó művelet hulladékgazáinak közvetlen légkörbe engedését lehetővé teszi a viszonylag kis tömegáram vagy füstgáz szennyezőinek koncentrációja. Tény, hogy bizonyos körülmények között, az új generációs süvegek és szétoszlató rendszerek alkalmazásával a kibocsátásokat 5 mg/Nm^3 fémvegyületek, és 30 mg/Nm^3 HCl alá lehet csökkenteni. Mindazonáltal, ezt a gyakorlatot csak speciális esetekben alkalmazzák; a legtöbb létesítménynél más lehetőségeket használnak.

A kemence égéslevegőjével való keverés lehetősége hatással lehet az üvegösszetételére és a regenerátor anyagára; bár ez valószínűleg nem jelentős. Néhány európai létesítménynél, ezt a technikát alkalmazzák, kombinálva a melegvégi bevonó füstgázát a regenerátorba belépő égéslevegővel, noha nincs információ arról, hogy ilyen alkalmazások jelenleg léteznének.

A melegvégi bevonó hulladékgázok kemencéből származó füstgázokba engedését a levegő szennyezés szabályozó rendszer előtt gyakran alkalmazzák, ha a kemence füstgázainál másodlagos csökkentés van. A rendelkezésre álló adatok szerint, ezt a lehetőséget tekintik a leggyakrabban használt technikának a melegvégi hulladékgázok kezelésének gyakorlatában.

Tény, hogy a 31 melegvégi gáz csökkentő megoldásból 25-ről tették közzé, hogy ezt a technikát alkalmazzák, az összesen 125 üzemből. Ahol az összegyűjtött anyagot újrahasznosítják, szükséges lehet annak figyelembe vétele, hogy a klorid és a fémek felgyűlnek és a rendszerre hatásuk van. Ezek a megfontolások néhány esetben korlátozhatják a por újrahasznosítását.

Amint az ebben dokumentumban bárhol megtalálható, a nedves mosók hatékonyak a gázkibocsátások csökkentésére, de a finom porok kezelésére a hatékonyságuk korlátozott a rendszerben előálló nyomásesés miatt. A teljesítmény a belépő összetételtől függ, de egy egylépcsős mosó elegendő lehet, hogy a helyi követelményeknek eleget tegyen. Ha további csökkentés szükséges, akkor vagy töltelék ágyas mosót követő zsákos szűrő, vagy töltelék ágyas mosót követő venturi mosó alkalmazható. Ezekről a technikáktól elvárható, hogy kevesebb, mint 10 mg/Nm^3 értékre csökkentik a HCl-t, de a részecske anyag és a teljes fém eltávolítása a hatékonysága elég kicsi, az ón és titán klorid alkalmazásából származó reakció termékek jellemző kémiai tulajdonságai és a finom részecskék miatt. Ahol a HCl aeroszolként van jelen, ott $<10 \text{ mg/Nm}^3$ értékű kibocsátás várható. A helyi körülmények azt jelenthetik, hogy kevésbé kifinomult módszerekkel is megfelelő számokat lehet elérni.

A meleg felület kezelési műveletekből származó kibocsátások másik jelentős forrása a csomagoló üveg belső felületének SO_3 -al történő kezelésével kapcsolatos, főként gyógyszerészeti felhasználásokra szánt esetekben. Ezekben az esetekben, az SO_x eltávolítására normálisan nedves mosást alkalmaznak.

A nedves mosók alkalmazásával kapcsolatos műszaki részletek a 3.4.3.4 és 3.5.5.1.2 pontokban vannak megadva.

3.5.2 Síküveg

A síküveg termelésben általában, a nem olvasztási tevékenységből származó levegő szennyezések rendkívül kicsik és nem igényelnek csökkentési intézkedéseket. Ha a float fürdő helyesen üzemel, nincs értékelhető óngőz kibocsátás. Az SO_2 -t a hűtőszalag elején használják, de megismételve, ha az eljárást helyesen üzemeltetik, akkor a kibocsátások jelentéktelenek.

Az egyéb kibocsátások csak a hűtőszalag földgáz égőinek égéstermékai lehetnek. Kivéve, ahol on-line bevonó eljárás van. Ezen eljárásokból származó kibocsátások nagyon eset specifikusak és egy aktuális példát használunk itt, hogy az alkalmazható technikákat leírjuk.

A bevonó eljárás a kémiai gőzleválasztás atmoszférikus nyomáson, amelynek alapanyagai: ón-teraklorid (SnCl_4), folyosav (HF), metanol (CH_3OH) és szilán (SiH_4). Két különálló bevonat réteg van, egy SiCO alsó bevonat és egy fluoridokkal adalékolt ón-oxid felső bevonat. Az utóégetőn keresztül jutva, az alsó réteg kibocsátásainak szerves anyagai elbomlanak, a füstgázt lehűtik, és zsákos szűrővel eltávolítják a szilárd anyagot (amorf szilika). Az összegyűjtött anyagot visszaadagolják a kemencébe.

A halidokat és ón vegyületeket tartalmazó felső bevonó réteg hulladékgázai egy magas hőmérsékletű reaktoron azért haladnak keresztül, hogy az ón vegyületeket oxidálják. A szilárd

ón-oxidot elektrosztatikus porleválasztóval, a halidokat pedig töltelék ágyas kémiai mosóval távolítják el.

Az elért kibocsátási szintek:

▪ részecskék	15 mg/Nm ³
▪ HCl	5 mg/Nm ³
▪ fluoridok és gázalakú vegyületek, HF-ként	<1 mg/Nm ³
▪ fémek	<5 mg/Nm ³

Általában, ezen típusú tevékenységek kibocsátásait az alábbi listán lévő technikákkal, vagy kombinációinak alkalmazásával lehet szabályozni; néhány esetben, más hasonlóan hatékony technikák is megfelelőek lehetnek

- porcsökkentő berendezés zsákosszűrő vagy ESP, bár egy zsákos szűrő valószínűleg nagyobb kibocsátást ad (1-5 mg/Nm³)
- a szűrőrendszert száraz mosással kombinálhatják
- nedves kémiai mosás
- magas hőmérsékletű oxidáció, pl. utóégető.

A költségek helyszín specifikusak, de általában nem tekinthetők aránytalannak az elért eredményekhez képest.

3.5.3 Háztartási üveg

A háztartási üveg eljárások többségénél a kemencét követő tevékenységekből nincsenek jelentős kibocsátások a levegőbe. A helyes üveghőmérséklet beállításához számos égőt alkalmaznak a lángpolírozásnál és a hűtőszalagon, de nincsenek speciális szabályozást igénylő jelentős kibocsátások. Kivételt az olyan termékek gyártása jelent, amelyek csiszolást és polírozást igényelnek, főleg a teljes ólomkristály, ólomkristály és kristályüveg. A soron következő tevékenységek alatt keletkező por ólom tartalma a lehetséges illó füst kibocsátások gondos ellenőrzés alatt tartását követeli meg azért, hogy a dolgozók egészségügyi és biztonsági problémáit megelőzzük.

A csiszolás, a nyers üvegtermék pontos minta szerinti vagy kézzel, vagy automatával végzett gyémánt csiszolókorongos bemetszést jelent. Más csiszolási tevékenység is van úgy, mint a szélcsiszolás. A vizet többnyire a csiszolás hűtőanyagaként használják valamint, hogy a porkibocsátásokat megelőzzék. Elszívást is alkalmaznak a vízpára eltávolítására. Ahol ilyen intézkedések történnek, ott nincsenek értékelhető levegő kibocsátások, bár az elszívó rendszeren egy pára leválasztóra szükség lehet. Ha száraz bemetszés vagy csiszolás van, a port el lehet szívni, és egy hatékony zsákos szűrőrendszeren átvezetve 1-5 mg/Nm³ tartományú porkibocsátás adódik. Ólomkristály bemetszésekor vagy csiszolásakor, az elvárt ólom kibocsátások az 1-1.5 mg/Nm³ érték alatt vannak kezelés után (pl. zsákos szűrő).

Az üvegcsiszolás az üvegen egy szürke, durva felületet ad. Folsav és kénsav fürdőbe való bemártásos polírozással az üveg felületnek vissza kell adni az eredeti megjelenését, a szokásos oldat 30% H₂SO₄ és 2-3% HF, <50 °C hőmérsékleten alkalmazva. A polírozó fürdő felszínéről HF és SiF₄ füstök távoznak. Ezen kibocsátások kezelésének leghatékonyabb módja vagy a vizes, vagy a kémiai oldatos nedves mosás. E folyamat alatt szilícium-hexafluorid sav (H₂SiF₆) képződik (egészen 35%-ig), és a savas zagyot semlegesíteni kell. Alternatívaként, H₂SiF₆ újrahasznosítható, és ahol lehetséges, ott adalékanyagként használható a vegyiparban.

A fő gond a savas mosási rendszer levegőbe való kibocsátásainál a folyosav; $<5 \text{ mg HF/Nm}^3$ értéket ér el normál esetben. A polírozási folyamatból származó vizet mészhidráttal szokás kezelni, hogy a fluoridokat és a szulfátokat eltávolítsák. A vízkezelésből keletkező üledék CaSO_4 -ból és kis mennyiségű CaF_2 -ből áll, és külső újrafelhasználással kezelik (cementipar, stb.).

Nagyon alacsony kibocsátási szintek érhetők el a nedves mosók alkalmazásával, $<5 \text{ mg HF/Nm}^3$. A kibocsátások nagyon savas jellege miatt, jó a vízdoldhatóság és kémiai mosás valószínűleg nem szükséges. A kémiai mosás kisebb víz felhasználást eredményez, de a szennyvíz H_2SiF_6 újrahasznosítását megakadályozza. A savpolírozás alternatív technikáit jelenleg már kifejlesztették, vagyis a mechanikai polírozást, és a magas hőmérsékletű láng vagy lézer polírozást, de az írás időpontjában nem érhető el információ ezen technikák alkalmazásáról.

3.5.4 Speciális üveg

A kemence utáni standard tevékenységekből általában nem származik jelentős levegőkibocsátás ebben a szektorban. A TV üveggyártásnál van csiszoló és polírozó tevékenység, de ezeket folyadékkal végzik, és így nem történhet semmilyen kibocsátás a levegőbe. Ha a TV üvegen vagy bármilyen más terméken valamilyen száraz vágást, csiszolást vagy polírozást végeznek, a kibocsátások zsákos szűrőhöz történő elszívással szabályozhatók, így a porkibocsátás $1\text{-}5 \text{ mg/Nm}^3$ között tartható. Ez egy nagyon változatos szektor és felmerülhet olyan tevékenység néhány alkalmazásnál, ami telephely specifikus megfontolást igényel.

3.5.5 Ásványgyapot

Az ásványgyapot szektor nem olvasztásból adódó kibocsátásai négy fő tevékenységből származhatnak: szálazás, gyanta kikeményítés, termék lehűtés, és termék feldolgozás és csomagolás. A szálazásból és gyanta kikeményítésből származó kibocsátások a legjelentősebbek. Ezek a kibocsátások nagyban összefüggenek a fenol gyanta alapú kötőanyag rendszerrel.

Ebben a pontban, a szálazás és a gyanta kikeményítés technikái külön kerültek leírásra. Ez így célszerű és a hulladék gázok természete is különböző. Noha mindkét területen használható néhány technika, és kibocsátás csökkentésre előnyös lehet a kombinálásuk, különösen az üveggyapotgyártásban. Ahol ez az eset áll fenn, ott a technikák a szálazás részben kerülnek teljes leírásra, és a gyanta kikeményítésnél csak hivatkozás történik.

Néhány jelentős eltérés van az üveggyapotgyártó és a kőzetgyapot gyártó sor kibocsátása között, és ezek azokban a pontokban kerülnek leírásra, amelyekre ezek a technikák leginkább vonatkoznak.

3.5.5.1 Szálazás

A szálazásnál, az üveg és a kőzet olvadékokat szálalítják és kötőanyagot is használnak. A gyantával bevont szálakat egy elszívó gyűjtő szalagra irányítják. Az üveggyapot gyártásnál a gyanta mellett vizet is permeteznek az elszívó csatornába, illetve az elszívó ventillátorba. Ennek kettős szerepe van, egyrészt megakadályozza a részecskéknek az elszívó csatorna falára történő feltapadását, másrészt szilárd anyagot és gázkomponenseket is kimos a gázáramból. A kőzetgyapot gyártás eltér az elszívó csatornában használatos bepermetezett víz tekintetében az üveggyapotgyártástól, sőt többségük egyáltalán nem alkalmaz víz bepermetezést. A kőzetgyapot kúpoló kemencék gyártási ciklusa csak néhány hétig tart és ez

lehetőséget ad az elszívó csatorna tisztítására és a víz bepermetezést nem tekintik mindig szükségesnek.

A szárazasból származó gáz többnyire jelentős mennyiségben tartalmaz szilárd részecskéket, fenolt, formaldehidet és ammóniát. A szilárd részecskék úgy szervesen, mint szervetlen anyagokból állhatnak, gyakran ragadósak és rendkívül apró méretűek. Illó Szerves Vegyület (VOC) és aminok csekély mennyiségét szintén ki lehet mutatni, ha a kötőanyag rendszer tartalmazza őket. A folyamat természetéből adódóan a gáz a környezeti hőmérsékletnél melegebb, nagy mennyiségű és (víz bepermetezés esetén) vízgőzzel telített. Ezek a tulajdonságok, kombinálva a szennyezések természetével, behatárolják az alkalmazható kibocsátás csökkentési technikák számát.

A következők lényegesen befolyásolják a kibocsátást:

- a kötőanyag rendszer kémiai összetétele
- a szárazási módszer
- üzemi paraméterek (hőmérséklet, levegőmennyiség és nedvesség)
- a kötőanyag mennyisége, és
- a kötőanyag felhordásának módja.

Ezen paraméterek optimalizálásával a kibocsátások jelentősen csökkenthetők, összefüggésben az elszívó csatornába történő víz bepermetezéssel. A kötőanyag rendszer kémiai összetétele az egyik legfontosabb tényező, és a technológiai vízrendszerre, és a szárazas, a kikeményítés és a hűtés során jelentkező kibocsátásokra a legnagyobb hatással bír. A kötőanyag rendszer gyártónként változik és általában a szektoron kívül nehezen értelmezhető. Ezek a rendszerek elég gyártóhely specifikusak és lehet, hogy egyedileg kell megvizsgálni őket. Az alábbi rész összefoglal néhányat a fő tényezőkből.

A gyanta és a kötőanyag rendszer kémiai összetételének kérdései

A kötőanyag rendszer kémiai összetételének optimalizálása és a felhasználás módjának hatékonysága alapvetően meghatározza a kibocsátásokat. A kötőanyag emellett a végtermék költségeiben is nagy részarányt képvisel. Ezért a gyártók a kötőanyag kémiai összetételének és alkalmazási technikájának a fejlesztéseit szigorúan bizalmasan kezelik.

A kötőanyag vízből, fenol gyantából, karbamidból, ammóniumsulfátból, ammóniából, szilánból, ásványolajból, szilikon olajból és más lehetséges összetevőkből áll, az egyedileg kialakított gyártásnak megfelelően. A gyanta alapvetően trimetil-fenol, dimetil-fenol, formaldehid, kevés fenol és formaldehid reakció termékek keverékéből álló fenol rezol, ami nyomokban fenolt is tartalmaz. A gyanta vízbázisú, és jellemzően 50% a szilárdanyag tartalma. A formaldehidből a szükségesnél több van jelen, hogy a lehetséges fenolmentességet a reakció során elérjék.

Néhány gyantát aminnal katalizálnak, és így a távozó gázokban jelentős ammóniagáz kibocsátás jöhet létre. Ezeket a kibocsátásokat a gyantaképzéshez katalizátorként használatos egyéb anyagokkal látszólag meg lehet szüntetni. Számos ilyen anyag van, de az optimalizált rendszer pontos részleteit általában a gyártó tulajdonának tekintik. A nem-amin katalizált gyanta rendszereknél $<5 \text{ mg amin/Nm}^3$ kibocsátási szint érhető el. Ha egy vállalatnak házon belül nincs megfelelő szakembere egy nem-amin katalizált gyantát kifejleszteni, akkor a gyanta beszállítók szakembereitől ilyen rendszerek készen elérhetők.

A karbamidot azért reagáltatják a gyantával, hogy a gyantásodás nagyobb legyen, és ezáltal a szabad formaldehid szintet csökkentsék. Ez javítja a végtermék tűzállóságát is. A gyantában a karbamid reagál a szabad formaldehiddel, hogy metil karbamid képződjön, amely viszont reagálni fog a fenol gyanta aktív helyeivel és részt vesz a keresztkötések kialakításában a kikeményítési hőkezelés során. A karbamid a fenol helyettesítőjeként viselkedik, és így a kötőanyag olcsóbb lesz. Ezért a gyártó számára ösztönző, hogy a gyantában addig növelje a karbamid mennyiségét, amíg az a termék minőségére vagy a gyártási paraméterekre nem hátrányos.

A két fő hátránya viszont az, hogy a gyanta vízzoldhatóságát csökkenti, valamint ammóniát szabadít fel mind a szárazásnál, mind a kikeményítő kemencében történő hőkezelés során. Környezetvédelmi szempontból mégis célszerű a lehető legtöbb karbamid alkalmazása, mert csökkenti a formaldehid-kibocsátást, fenolt helyettesít, és bomlási termékei is kevésbé károsak, mint a fenol származékok és a tökéletlen elégségből származó anyagok, amelyek amúgy eltávoznának.

Az ammóniának a kötőanyag rendszerben több fontos szerepe van, és a rugalmassági fokot is növeli, amely fontos az egész gyártás optimalizálása szempontjából. Az ammónia növeli a kötőanyag vízzoldhatóságát lehetővé téve ezzel, hogy több karbamid legyen beadagolható, továbbá a kötőanyag tartósságát is növeli. Biztosítja a rendszer megfelelő pH értékét és reakcióba lép a szabad formaldehiddel is. A gyártás természetéből adódóan rövid időszakokra a normál ammónia kibocsátásnál magasabb kibocsátás is történhet. Mégis, a gyártás ammónia kibocsátás csökkentését célzó hatás nem áll arányban a magasabb ammónia kibocsátásból származó előnyökkel a gyártás többi részében, amelyek a teljes kibocsátásra vonatkozóan végül alacsonyabbra tehetők.

Az ammóniumsulfát a gyanta kikeményítésének a szabályozására használatos. A szilán a szervesetlen üveg és a szerves kötőanyag közötti kapcsolatot biztosítja. A szilán hidroxil csoportok az üvegoxidokkal teremtenek kapcsolatot, míg a szerves funkciójú csoportok a gyantával lépnek reakcióba, és ezáltal erősebb kötés alakul ki. A szilikon és az ásványolaj a késztermék kezelhetőségét javítja, csökkentik a por képződését, és növelik a termék víztaszító képességét.

Amikor a szárazásnál a kötőanyag a forró üvegre kerül, az illó összetevők (pl. ammónia, formaldehid és fenol) elpárolognak és eltávoznak. Az illó anyag kibocsátás a kötőanyag reakcióba nem lépett illó anyag mennyiségétől, a kötőanyag hígításától, a szárazó ülepítő kamra hőmérsékletétől és az üveg hőmérsékletétől függ. A kötőanyagot finom permet formában alkalmazzák és számos csepp nem a gyapot paplanra kerül, hanem az elszívott levegővel együtt eltávozik. A terméken maradó kötőanyag mennyisége a csepp méretétől, a paplan vastagságától és az elszívás erősségétől függ.

Jó néhány, fenol gyantát kiváltó kötőanyagot megvizsgáltak már, de egyik sem adott elfogadható termék minőséget.

3.5.5.1.1 Impact jet-ek (Sugár-ütköztetési leválasztók) és ciklonok

Leírás

Az eltávozó gázáram víztartalma fontos tényező a szárazás megfelelő kibocsátás csökkentésében. Az üveggyapotgyártás folyamatossága egy olyan tisztító mechanizmust igényel, amellyel az elszívó csatornában és ventilátorban megelőzhető a ragadós szerves anyagok és szálak feltapadása. A normál módszer az elszívó csatornába történő víz

bepermetezés, amely számtalan formában valósulhat meg. A közetgyapot kúpoló kemencével történő szakaszos (egyől három hétig) gyártásból adódóan, a csatorna tisztítására szükség esetén lehetőség nyílik. Továbbá a közetgyapot gyártás termék térfogatra számítva viszonylag kevesebb kötőanyagot igényel, így a feltapadás is lassabb. Némely közetgyapot eljárás a szárazságnál víz bepermetezést alkalmaz, de ez nagyban függ az adott gyártó preferenciáitól vagy a helyi, speciális működési követelményektől.

Ahol a csatorna tisztítására víz bepermetezést használnak logikus, hogy egyúttal ezzel tisztítsák az eltávozó gázt is. Ebben az esetben teljesen egybeesik a két cél; minél több anyagot távolítanak el a gázból, annál hatékonyabb a tisztítás is. Az alkalmazott rendszernél minimumként általánosan teljesítik, hogy a csatornában az elfogadhatatlan feltapadást megelőzzék. Ezen optimalizált technika megnevezésére az impact jet (sugár-ütköztetési leválasztó) kifejezést használják a szektorban.

A gáz tisztítás hatékonyságának az optimalizálására, a rendszerben nagy mennyiségű és nyomású vizet használnak, de ez nem okoz jelentős nyomásesést. Az impact jet-ek (sugár-ütköztetési leválasztó) kialakítása gyártásról gyártásra változhat, de a szándék az, hogy úgy az elszívó csatorna, mint az eltávozó gáz tisztítás technikájának hatékonyságát optimalizálják. Az elszívott gázban lévő víz eltávolítására az impact jet-eket (sugár-ütköztetési leválasztó) mindig ciklonokkal (vagy más berendezésekkel) kombinálják, amelyek a kialakításuktól függően szintén hatással vannak szilárd részecskékre, amint azt a 3.4.1.4 pontban leírtuk.

A szilárd részecskék és cseppek eltávolítása ütköztetéssel és kisebb mértékben diffúzióval történik. Néhány rendszer az elszívó csatorna szűkítésével javít a tisztítás hatásfokán, de a szilárd anyag eltávolítás hatásossága túlnyomóan a nyomáseséstől függ, amely minden ilyen rendszernél kicsi. Általánosságban, az alacsony nyomásesésből adódóan a rendszer eltávolítás hatékonysága a kis méretű szilárd részecskékre és cseppekre elég kicsi, míg a nagy részecskéket és szálakat elég jól eltávolítja.

A gáznemű anyagok a vízzel érintkezés során részlegesen elnyelődnek. A gáz abszorpciója függ az elnyelendő gáz parciális nyomásától és a vízben való oldhatóságától, az érintkezési felület nagyságától, továbbá kisebb mértékben az érintkezés idejétől. Ha az elszívott gáz meleg, fontos a fellépő kondenzáció.

Az impact jet-ekhez (sugár-ütköztetési leválasztó) felhasznált technológiai víz már többnyire tartalmazza legtöbbjét azoknak az anyagoknak, amelyek a gázban különböző mennyiségben jelen vannak. Ez részlegesen hatással lesz a gáznemű anyagok eltávolításának a hatékonyságára. Az újra felhasznált technológiai vizet megszűrjük az újbóli használat előtt, de az, az oldható anyagokból jelentős mennyiséget fog tartalmazni. A rendszer dinamikus egyensúlyban van, és a technológiai vízrendszer e dokumentumban később megtalálható.

Elért környezetvédelmi előnyök

Az impact jet-ek (sugár-ütköztetési leválasztó) és a ciklonok használata a szárazság területéről származó gázokban lévő nagy mennyiségű, nagy méretű és szálal szilárd anyagok könnyű eltávolítását teszi lehetővé. Mindazonáltal, a kis méretű részecskék alacsony hatékonyságú eltávolítása miatt az impact jet-eket (sugár-ütköztetési leválasztó), és a ciklonokat előkészítési technikaként használják. A végső kibocsátás nagyban függ a kötőanyag és a technológiai víz kémiai összetételétől, valamint a kötőanyag mennyiségétől.

Környezeti elemek kereszthatások

Hacsak nem alkalmaznak egy másik olyan technikát, mint a töltelékes mosó, a ciklonokat (vagy néha egy alternatív készüléket) az impact jet-ekkel (sugár-ütköztetési leválasztó) azért kapcsolják össze, hogy a szálló víztartalmat eltávolítsák. Ez ahhoz szükséges, hogy csökkentsék a víz felhasználást, és hogy a szálak láthatósági és diszperziós szintjét elfogadhatóvá tegyék. Ahol más nedves technikákat alkalmaznak (pl. nedves ESP-k vagy töltelék ágyas mosó), ott az impact jet-eket (sugár-ütköztetési leválasztó) többnyire ezek előtt használják.

Üzemeltetési adatok

Az ezzel a technikával elérhető eredmények a 3.48 Táblázatban találhatók.

Alkalmazhatóság

Elvileg ez a technika az összes üveg és kőzet gyapotgyártásban alkalmazható. Ám sok kőzetgyapot gyárban nem alkalmazzák, mert nem tartják szükségesnek a művelet tisztítására, és károsan hathat más, alkalmazott csökkentési technikákra. A szálazási terület kibocsátásának csökkentésére az impact jet-eket (sugár-ütköztetési leválasztó) és a ciklonokat megközelítőleg az üveggyapot gyárak 90%-ában, míg a kőzetgyapot gyárak 10%-ában használják.

Gazdasági vonatkozások

Erre a technikára vonatkozó költségek a 3.49 Táblázatban vannak megadva, és nagymértékben függnék a légáramtól és a gyár méretétől. A csökkentés mérőszámaként, a technika költségeit nehéz megbecsülni, mert ahol az impact jet-eket (sugár-ütköztetési leválasztó) használják, ott szükség van a gyártáson belül valamilyen tisztításra is. A Táblázatban megadott költségek a rendszer teljes költségét jelentik. Az üzembe helyezett rendszerek között nincs olyan, amely kizárólag az elszívó csatornatisztításra vonatkozna, mivel ezeket mindig kettős célra alkalmazzák. Úgy becsülik, hogy gáztisztításra vonatkozó rész a teljes költség 60%-át teszi ki. Mindazonáltal, ez az elemzés elméletinek tűnik, mivel a Tagországek többségében a csökkentés nélküli kibocsátás nincs engedélyezve, így tehát más csökkentési költségek biztosan felmerülnének.

Alkalmazási hajtóerő

A szálazási területén jelentős a mennyisége a nagy méretű és szálas szilárd anyagoknak, amelyeket az impact jet-ekkel (sugár-ütköztetési leválasztó) és ciklonokkal könnyedén el lehet távolítani, különösen az üveggyapotgyártásban.

Minta gyárak

Ez a technika olyan széles körben alkalmazott, hogy nincs értelme minta gyárat kiválasztani.

Referencia irodalom

[89, EURIMA Suggestions 2007]

3.5.5.1.2 Nedves gázmosók

Leírás

A nedves gázmosók mind a szilárd részecskék, mind a gáznemű anyagok eltávolítására egyaránt használatosak. Noha az alap technológia mindkettőre hasonló, a részecske vagy a gáz eltávolításának tervezési feladatai nagyon különbözőek. Mindazonáltal azért, hogy a beruházási költségek alacsonyak legyenek, a nedves gázmosókat a szilárd részecskék és a gáznemű anyagok keverékének az eltávolítására gyakran egyaránt használják. A kialakítás

elkerülhetetlenül egy kompromisszum végeredménye, de ez tekinthető a Elérhető Legjobb Technikának (BAT) ott, ahol a különálló tisztító rendszerek elviselhetetlenül drágák. A nedves gázmosó egy jól dokumentált technika, és itt csak a főbb elvek, valamint a szektorra jellemző vonatkozások lesznek meg tárgyalva.

A nedves gázmosóval történő részecske leválasztásnak három fő mechanizmusa van: tehetetlenségi/centrifugális erőhatás, lecsapódás és diffúzió. A gáznyomok nedves gázmosóval történő eltávolítása abszorpcióval, és kisebb mértékben kondenzációval történik. Az abszorpció tömegátvitelt is magába foglal, az oldható gáz, valamint a gáz-folyadék érintkezését biztosító készülék oldó folyadéká között.

A nedves gázmosó részecske leválasztásának hatékonysága a teljes energia felhasználástól erősen függ, nevezetesen a leválasztó zóna nyomásesésétől. Ha a folyadék a mosóban egyenletesen el van osztva, akkor hasonló nyomásesés gyakran akkor is hasonló hatékonyságot eredményez ugyanarra a szállóanyagra, ha a mosók teljesen eltérő kialakítással rendelkeznek. Így nem lehetséges egy olyan nedves gázmosót kialakítani, amely az 1 μm -es és az alatti részecskékre nagy hatékonyságot ad, ám nincs nagy nyomásesése. A nagy energia felhasználású mosók jó tisztítási hatékonysággal rendelkeznek a $<0.5 \mu\text{m}$ -es részecskékre, de a magas üzemeltetési költség azt jelenti, hogy más technikák gazdaságosabbak lehetnek.

A gáz abszorpció hatékonysága függ: a hulladék gáz áramban lévő oldható gáz parciális nyomásának és a folyadékban lévő gáz gőznyomásának különbségétől; a folyadékban lévő gáz oldhatóságától; az érintkezési felülettől; és kisebb mértékben az érintkezési időtől. A kondenzációs hatás is jelentős lehet, ha a gáz meleg. Az oldhatóság nyilvánvalóan a gáztól és a folyadéktól függ. A víz megfelelő anyag az olyan oldható savas gázok abszorpciójára, mint a sósav, a folyosav, a szilícium-hexafluorid, valamint az ammónia. A lúgos és savas oldatok csak kevesebb oldható gáz abszorpciójára alkalmasak, és néhány oxidáló oldat alkalmazása csökkentheti a szerves anyag szagokat. A felület a töltelék anyagától vagy a csepp mérettől függ.

A töltelék ágyas gázmosók egy olyan külső burkolatból állnak, amely rendelkezik egy rácsos, töltőanyag ágyazattal, folyadék elosztóval, gáz és folyadék befűvőkkel és elvezetőkkel és egy pára leválasztóval. A folyadékot úgy osztják el folyamatosan a tölteléken, hogy olyan film képződjön, ami nagy felületet biztosít a gáz/folyadék érintkezéséhez. A tisztítandó gáz a tölteten a folyadékkal szemben, azonos, vagy kereszt irányban áramlik. Nagyon sokféle töltet típus van, amelyek rendezetlenül vagy rendezetten helyezkedhetnek el. A tölteten lévő folyadék film nagy felületet biztosít tömeg átadásra. Az ellenáramú gázmosó biztosítja a legjobb abszorpciót, mert a távozó gáz a friss mosófolyadékkal találkozik. A mosótorony töltete az oldhatatlan anyagok felhalmozódása, a töltet anyagának aprózódása és biológiai anyagok révén eltömődhet.

Néhány esetben venturi gázmosó is szóba jöhet. Ennek lényege az, hogy a gázcsatorna beszűkül, és a szűkületben (venturi torok) megnő a tisztítandó gáz sebessége. A mosófolyadékot bevezetik a gázmosóba, amely olyan filmet képez a falán, amit a torokban nagy sebességgel áramló gáz elporlaszt. A venturi gázmosó hatékonysága a nyomáseséstől függ és ennek következtében nagy az energia fogyasztása és így az üzemeltetési költsége. Általában, a részecske leválasztásra a venturi mosók a leghatékonyabb nedves gázmosó berendezések, mert a szub-mikron méretű részecskékre is alkalmasak. A gáznyomok eltávolítására is használhatók, de a kis érintkezési idő miatt a hatásosságuk korlátozott.

A szektorban a legelterjedtebb nedves gázmosó a töltet ágyas típus, többnyire impact jet-tel (sugár-ütköztetési leválasztó) együtt. Az impact jet (sugár-ütköztetési leválasztó) eltávolítja a durva részecskéket és így megelőzi töltet eltömődését. Egynémely gyártó ionizációs nedves mosót (IWS) használ, amely a kis beruházási költség igényű nedves mosó és az olcsón üzemeltethető elektrosztatikus porleválasztó kombinációja. Az **inm** (IWS) alapvetően egy műanyag töltetes nedves gázmosó elektromos töltés nélküli térrel, amelyet olyan ionizációs rész követ, ahol a leválasztandó részecskék töltést kapnak. Az töltet ágyon átáramló gáznak a sebessége annyi, hogy elegendő idő legyen arra, hogy a részecske leváljon a tölteten.

Amikor a szárazító területéről származó gáz egy hatékony gázmosóban vízzel érintkezik, a következő folyamatok játszódnak le:

- a szálló részecskék egy része a szuszpenzióba lecsapódik, döntően a nagyobb részecskék és cseppek
- az oldható kötőgyantás anyag egy része a vízben elnyelődik, és
- az illó anyagok gáz és víz fázisa egyensúlyba kerül.

A szektorban, a gázmosóhoz leggyakrabban használt folyadék a technológiai víz. Ez, a mosó folyadékokban lévő illó anyagok kielégítően alacsony koncentrációjának lehetséges kezelési problémájaként jelentkezik, vagyis megelőzendő az, hogy az illó anyag ne kerüljön vissza a gázfázisba. A közetgyapot gyártás nettó víz felhasználó, és a mosás teljesítményét a mosó tetejére bevezetett tiszta vízzel lehet javítani. Ezt az előnyt optimalizálni lehet az által, hogy olyan kombinált, több lépcsős mosó folyamatot alkalmaznak, ahol a vizet a tisztítandó gázzal lépcsőről lépcsőre ellenáramban vezetik. Így a legszennyezettebb víz van a legszennyezettebb gáz mosására használva, míg a tiszta víz a végső mosó lépcsőnél kerül alkalmazásra. Az üvegyapot gyártás jellemző vízkörének a leírása a 2.15 Ábrán van bemutatva.

Erre a problémára lehetséges egy olyan megoldás, hogy a mosó folyadék elválasztják a technológiai víztől: olyan tiszta víz használata, amely kellő tisztító hatással bír, hogy hatékony legyen az abszorpció; vagy olyan kémiai anyagok adagolása a mosó folyadékba, amelyek reakcióba lépnek az illó anyagokkal. Mindazonáltal, két fontos korlátja van ezeknek a fenti lehetőségeknek. A tiszta víz rendszer használatával elérni kívánt alapvetően jobb teljesítmény miatt, a technológiai víz rendszerbe visszavezetett szennyezett víz mennyisége túl nagy lesz, és egy új, megnövekedett szennyvíz áram külön kezelését igényelné. Az impact jet-ekből (sugár-ütköztetési leválasztó) származó víz mennyisége még tovább súlyosbíthatná ezt a problémát.

Az elszívott gázban lévő anyagok gyantás természete és víz tartalma a kémiai mosó eltömődését és folyadék térfogat problémáját okozhatná, hacsak nem alkalmaznak nagy mennyiségű tiszta vizet. Annak köszönhetően, hogy nincs jelen ilyen kémiai anyag, visszavezethető a technológiai víz rendszerbe, és ezzel ismét egy új, megnövekedett szennyezett víz áram igényel külön kezelést. További gondot jelent, hogy a fenol/formaldehid és az ammónia eltávolításához szükséges vegyi anyagok összeférhetetlenek és külön lépcsőket igényelnek. A kémiai tisztítás lépcsői a technológiai vizes mosóval összhangban helyezhetők el, de ez nagyon megemelhethetné a költségeket, és nem oldaná meg a fentebb megtárgyalt problémákat, hacsak nem lenne rendkívül hatékony. Továbbá, a szennyvizes rendszer esetében, az előbbi technika valamint egy jól szabályozott technológiai vizes mosó teljes kibocsátása közötti különbségek elég korlátozottak.

Elméletben, az egyetlen kombinált egységben, vagy különálló egységekben megvalósuló több lépcsős mosás szóba jöhet úgy a szárazítás, mint a kombinált szárazítás és kikeményítő kemence

területének kibocsátásainál. Mindazonáltal, nem találni olyan közetgyapot gyártást, amelyben több lépcsős gázmosó üzemelne, és így nincsenek információk a környezetvédelmi teljesítményéről, költségeiről vagy lehetséges üzemeltetési problémáiról. Emiatt jelenleg, ezt a technikát nem lehet teljes körűen megismertnek tekinteni. Végül is ez akkor egy lehetőség, ha a gyártósor kibocsátása egy berendezésnél nagyon magas.

Elért környezetvédelmi előnyök

Az ásványgyapot iparban a töltelékes gázmosókkal elérhető kibocsátási értékek (a gázmosó folyadéka a technológiai víz) a 3.48 Táblázatban vannak megadva.

Környezeti elemek kereszthatások

A nedves gázmosók alkalmazásának fontos következménye, hogy a keletkező szennyvíz tisztítását igénylő kereszthatás lehetséges. Az ásványgyapot szektorban ez a probléma akkor kerülhető el, ha a technológiai víz a gázmosó folyadéka, 100%-os visszavezetéssel a technológiai vízrendszerbe. A tiszta víz vagy a kémiai tisztító mosó használata szennyvizet eredményez (lásd a 2.15 Ábrát).

Üzemeltetési adatok

A részecskékre vonatkozó eltávolítási hatékonyság az alacsony nyomásesés miatt korlátozott, míg a gáznemű anyagokra vonatkozó teljesítmény a gázmosó folyadékaként a technológiai víz. Jelentősen alacsonyabb fenol, formaldehid és ammónia kibocsátás várható, ha tiszta vízzel történik a mosás. A gyártásban használt víz egyensúly kritikus tényező, és ritkán, az is lehetséges (pl. hosszú időn át nagy kötőanyaggal gyártott terméket alacsony kötőanyagú termék követ), hogy a gáznemű anyagokra vonatkozó mosóhatás negatív.

Az elmúlt években egynéhány gyártó ionizációs nedves mosót használ (IWS), ám a teljes körű eredmények elég lehangolóak. A hatékonyság javulás a töltelék ágyas nedves gázmosóhoz viszonyítva általában kisebb 10%-nál.

A szektorban a kémiai vagy többlépcsős tisztításra nincs tapasztalat, de a vegyiparban meglévő tapasztalat szerint akár a 10 mg/Nm^3 alatti kibocsátási szint is elérhető a fenolra, a formaldehidre és az ammóniára, ha a kapcsolódó problémákra megoldás születhetne. A 3.48 Táblázatban található adatokhoz viszonyítva, itt csak az ammóniára vonatkozó jelentős javulás jelentkezik.

Alkalmazhatóság

Elvileg ez a technika, ahol a technológiai víz cirkulál a töltelék ágyas gázmosóban, a szektor összes eljárásában alkalmazható. A technika nem korlátozódik csak az új gyárakra vagy a nagy átalakításokra, de a költségek valószínűleg magasabbak a jelenleg üzemelőkre. Némely esetben, különösen közet gyapotnál, a hasonló vagy alacsonyabb kibocsátás elérésére más technikákat is alkalmazhatnak.

Az üvegyapot gyártásban, a létesítmények kevesebb, mint 20%-a alkalmaz töltelékes gázmosót vagy a kombinált szálazás és kikeményítő kemence vagy csak a szálazás területén. A közetgyapot gyártásban a töltelékes gázmosót a létesítmények megközelítőleg 10%-a használja a szálazási terület kibocsátására, és ugyanennyi a kikeményítési területre. A közetgyapot gyártósoroknál általában nem kombinálják a két területről származó kibocsátásokat.

Gazdasági vonatkozások

E technika költségei a 3.49 Táblázatban találhatók, és nagymértékben függenek a légáram mennyiségétől és a gyár méretétől. Az ionizációs nedves mosó (IWS) esetében, ahol ionizációs lépcső is kapcsolva van, a beruházási költségek megközelítőleg 70%-al nagyobbak, továbbá az üzemeltetési költségek pedig kb. 10%-al. A többlépcsős kémiai tisztítás költségét duplájára teszik annak, ami a Táblázatban az összköltségnél látható. A kombinált többlépcsős gázmosó valószínűleg még előnyösebb lenne az **inm** rendszernél. Mindazonáltal, szükséges lenne teljesen különválasztani a lépcsőket, amelyek megemelnék a költségeket, továbbá drágább, korrózió-álló anyagok használatára lehet szükség.

Alkalmazási hajtóerő

Ennek a technikának előnye, hogy lehetőség nyílik a szálazási és a kikeményítési kemence területeinek kibocsátásait egyetlen lépcsőben kezelni. A szálazási területről származó gázok térfogata általában tízszerese a kikeményítő kemencéből származónak. Ha már a tervezés alatt a gázokat kombinálják, akkor nem adódik lényeges többlet e technika összköltségéhez.

Minta gyárak

- Knauf Insulation, St Helens, Egyesült Királyság
- URSA, Spanyolország
- Isover Orange, Franciaország

Referencia irodalom

[89, EURIMA Suggestions 2007]

3.5.5.1.3 Nedves elektrosztatikus porleválasztók

Leírás

Az elektrosztatikus porleválasztó (ESP) alapvető működési elve a 3.4.1.2 pontban van leírva. A nedves porleválasztóban, a gyűjtő felületre összegyűjtött anyagot szakaszosan vagy folyamatosan bepermetezett folyadékkal – általában vízzel – lemossák. Nedves üzemre három ESP alkalmas: lap – huzal, lap – lap és cső – huzal. A lap típusoknál a gáz áramlása vízszintes; a cső típusoknál a gáz áramlása függőleges, míg a folyadék áramlása keresztirányú a gázra. A huzalt rúd helyettesíti, ha erősebb a kialakítás. A kisülés előtt, a vízcseppek eltávolítására néhány olyan mechanizmust alkalmaznak többnyire, ami vagy páraleválasztó, vagy kiülepítő tér, hogy ezek révén száraz üzemeltetés lehetséges.

Noha, általában a száraz porleválasztás előnyös, a nedves porleválasztás hasznos a harmatpont közeli hőmérsékletű, nedves gázban lévő porok, folyadék aeroszolkok és olyan ragadós anyagok, mint a gyantás részecskék és a kátrányok eltávolítására. A nedves porleválasztók teljesítménye kevésbé függ a részecskék tulajdonságaitól, mivel a gázban lévő nedvesség teljes leválasztást ad, és ez hozzájárul a nehezen eltávolítható porok leválasztásához is.

A nedves alkalmazásokban a leggyakrabban használatosak a csöves berendezések, és ezeket egyszerűbb is robbanásállóvá tenni akkor, ha kátrányos anyagok vannak jelen. Mindazonáltal, a csöves leválasztók általában csak egy elektromos mezővel rendelkeznek, így kevésbé alkalmasak a nagyon magas hatékonyság elérésére. A közetgyapot gyártásban mindhárom típus használatos, de jelenleg a tányér–huzal és a cső–huzal típusokat előnybe részesítik. Az esetleges tüzek eloltására elárasztó rendszert is alkalmaznak többnyire.

A Nedves ElektroSztatikus Porleválasztó (NESP – angolul: WESP) bevezető nyílásánál a bevezetett gázt úgy kell eloszlatni, hogy minden elemnél egyenletes és alacsony legyen a

sebessége. A szennyezett gázt az ESP impact jet-jei (sugár-ütköztetési leválasztó) előkezelik, a nagy, szálal anyagokat eltávolítják és a gázt, vízgőzzel telítik és lehűtik. A tervezett paraméterek közötti üzemeltetés biztosítására tiszta vizet is alkalmaznak az ESP bevezető nyílásánál azért, hogy biztosítsák a vízgőzzel való telítést és lemosás az elektródákat. Az üveggyapotgyártásban ennek a víznek a mennyisége általában elég kicsi ahhoz, hogy a technológiai vízrendszerbe ürítsék, és ez a rendszerkör tetején lehet jelen. A közetgyapot eljárásokban a szálazási folyamat elpárologtatási képessége sokkal kisebb, így még ennyi tiszta vizet sem lehet alkalmazni.

Elért környezetvédelmi előnyök

A nedves ESP hatékony a 0.01 és 10 µm közötti méretű részecskék, aeroszolok és cseppek eltávolítására. A teljesítmény sok tényezőtől függ, főleg a gáz sebességétől. Az új célra kialakított nedves ESP el tudná érni azt a hatékonyságot, ami az >1 µm részecskék teljes mennyiségének >98%-ának az eltávolítását jelenti, bár az <1 µm részecskék eltávolítási hatékonysága gyorsan romlik. A hatékonyság a berendezés élettartama alatt csökken és nagyon fontos a karbantartás.

Általában, a nedves ESP korlátozott hatékonyságú a gáznemű anyagok eltávolítására. Ez a termék választék tartományától és a kötőanyag és a technológiai víz kémiai összetételétől nagyon függ. Mindazonáltal, a nagy vízgőz telítettség és a nagy mennyiségű tisztavíz alkalmazása miatt, a gázokból valamennyi megkötődik.

Egy üveggyapotot gyártó minta létesítménnyel kapcsolatos adatokat a 3.44 Táblázat mutatja be. Az üzemben, a szerves szennyezők eltávolítására nedves ESP alkalmaznak, ami nedves mosóval, ciklonos leválasztóval és biológiai kezelővel van kombinálva.

Üveggyapot gyártás - Szálazás		
Termelési kapacitás: 36 000 – 38 000 t/év		
Füstgáz térfogat: 191 707 Nm ³ /óra		
Szennyezés mentesítő rendszer: nedves mosó, ciklonos leválasztó, elszívó ventilátor, biológiai kezelő hat függőleges mosó toronnyal, három erőteret nedves ESP		
	Kibocsátási szintek (mg/Nm ³) ⁽¹⁾	Tömegáram (kg/óra)
Formaldehid + fenol	4.3	0.82
Teljes szerves vegyületek (TOC), C-ként	4.4	0.84
Részecske anyag	21	4.03
Ammónia (NH ₃)	18	3.45
HF	<0.02	<0.004
HCl	7	1.3
SO ₂	kb. 3	kb. 0.6
NO _x (NO ₂ -ként)	9.9	1.9
Réz (Cu)	0.0217	0.004
Mangán (Mn)	0.0381	0.007
Szag érték	64 ouE/m ³	
1. A folyamatos mérésekből származó kibocsátási értékek (4 – 6 félórás mérések átlagértéke, kifejezve, mint 20.5% O ₂ mért érték)		

3.44 Táblázat: Üveggyapot létesítmény szálazási területről származó szilárd és gáz kibocsátásai NESP alkalmazásakor

[112, Austrian glass wool plant 2006]

Környezeti elemek kereszthatások

A NESP alkalmazásával kapcsolatos fő előnyök és hátrányok összegzése a 3.45 Táblázatban van.

Előnyök:

- a részecskék és aeroszokok/cseppek hatékony eltávolítása, $<20 \text{ mg/Nm}^3$ kibocsátás érhető el
- a gáznemű anyagok abszorpciója lehetséges nagy telítettség esetén és tiszta mosóvízzel
- mind a szárazítás, mind a kikeményítés kibocsátásaira alkalmas
- kis áramlási ellenállás, következésképpen kis üzemeltetési költség és energiafelhasználás
- impact jet-ek (sugár-ütköztetési leválasztó) használata esetén ritka az eldugulás, mivel a nagyméretű szálak eltávolításra kerülnek
- hosszú élettartam és kis karbantartási igény

Hátrányok:

- szennyezett víz keletkezik, amely az üveggyapotgyártásban általában újra felhasználható, míg a kőzetgyapot gyártásban nem, mivel kevesebb
- gáznemű anyagok eltávolításának hatékonysága általában alacsony
- energiát fogyaszt, de ez más folyamatok igényeihez mérve viszonylag kevés
- nagy CO koncentrációnál (pl. kőzetgyapot gyártás) nem használható
- viszonylag nagy beruházási költségek
- nagy a helyigénye
- kevés karbantartást igényel, de az igen fontos; az elégtelen karbantartás jelentős teljesítmény csökkenést okoz
- nagyfeszültség miatt biztonsági intézkedések szükségesek.

3.45 Táblázat: A nedves elektrosztatikus porleválasztó (NESP) fő előnyei és hátrányai

Üzemeltetési adatok

Ezzel a technikával elérhető eredmények a 3.48 Táblázatban vannak megadva.

Alkalmazhatóság

Elvileg az új és már meglévő üveg- és kőzetgyapot gyártósoroknál, ez a technika alkalmazható. A fő hátrány a kőzetgyapotnál, hogy lehetséges nehézséget jelent az elszennyeződött víz elhelyezése. A technika alkalmas úgy a szárazásnál, mint a kikeményítő kemencénél jelentkező, sőt a kombinált kibocsátásoknál is. 1997-ben, az üveggyapot létesítmények megközelítőleg 30%-a alkalmazta ezt a technikát a vagy különálló, vagy kombinált szárazási terület és kikeményítő kemence kibocsátásainál. Nem volt nedves ESP-vel üzemelő kőzetgyapot gyár.

Gazdasági vonatkozások

E technika költségei a 3.49 Táblázatban vannak megadva, és nagymértékben függenek a légáram mennyiségétől és az üzem méretétől.

Alkalmazási hajtóerő

A létesítésre általában, a jogszabályi kibocsátási határértékek teljesítése a fő alkalmazási hajtóerő. A környező levegő minőségével kapcsolatos témák szintén meghatározhatják a technika alkalmazásának szükségességét.

Minta gyáarak

- Knauf Insulation, St Helens, Egyesült Királyság
- Saint Gobain Isover G + H AG, Németország
- Saint Gobain Isover Etten-Leur, Hollandia
- Saint Gobain Isover, Stockerau, Ausztria

Referencia irodalom

[89, EURIMA Suggestions 2007]

3.5.5.1.4 Kőzetgyapot szűrők

Leírás

A hagyományos passzív szűrési eljárások (pl. zsákos szűrők) nem alkalmasak a szárazságnál és a kikeményítő kemencénél keletkező gázok tisztítására.

A hulladékgáz ragasztóanyaga és néha a nedvesség tartalma miatt az intenzív tisztítás és karbantartás ellenére is gyors eltömődés lép fel. A kőzetgyapot gyártásban viszont, ahol a szárazság gyakran szárazon történik, a kőzetgyapot lapokból álló szűrők alkalmazhatók. Ezeket a szűrők anyagaként használatos kőzetgyapot lapokat kazettában, acél vagy beton házban helyezik el. Ez a szűrő jó hatékonysággal választja le a részecskéket és a kötőanyag cseppeket, de a gázkomponensek eltávolításában csekély hatékonyságú. A szűrő anyagát azért szükséges rendszeresen cserélni, hogy a tisztítás hatékony maradjon, és a levegő áramlás növekvő ellenállását megelőzzük. Az elhasznált szűrő lapokat többnyire vissza lehet adagolni az olvasztókemencébe, ha a gyárban van brikettálási eljárás.

Üzemeltethető félszáraz eljárás is, de a teljes hatékonyság nagyban javul, ha száraz az eljárás. Ezzel a rendszerrel sem keletkezik szennyezett víz, és a nedves szűrő lapokat is teljesen vissza lehet adagolni egy brikettáló eljárással.

E megoldás korábbi változatában, a szűrő anyagaként kőzetgyapot tekercseket tettek a szűrő toronyba. Ez a technika kevésbé hatékony, és a kazettába tett lapok használata nagymértékben feleslegessé is tette már. A szűrőtornyos kialakítás előnyösebb volt a gáz nagyobb nedvesség és kötőanyag tartalma esetén, de nem tudta az impact jet-ekkel (sugár-ütköztetési leválasztó) előkezelte gázokat tisztítani.

Elért környezetvédelmi előnyök

A kőzetgyapot szűrők nagyon hatékonyak a részecskék és a cseppek/aeroszlok eltávolítására. Az ezzel a technikával elérhető kibocsátási értékek, a 3.48 Táblázatban találhatók. A technikának nincs jelentős hatása a gáznemű anyagokra, de előkezelés (pl. száraz üzemeltetés) és alacsony aeroszol tartalom esetére lásd az elérhető kibocsátási értékeket a Táblázatban. Ennek eredménye, az ebből a szűrőből távozó alig látható füst.

Környezeti elemek kereszthatások

A kőzetgyapot szűrők alkalmazásával kapcsolatos fő előnyök és hátrányok összefoglalása a 3.46 Táblázatban található.

Előnyök:

- a részecskék jó hatékonyságú eltávolítása, $<20 \text{ mg/Nm}^3$ kibocsátás érhető el
- az elhasznált szűrő lapok visszaadagolhatók, ha ennek a lehetősége ki van alakítva
- nem képződik szennyezett víz
- kis beruházási költség
- kis nyomásesés, következésképpen viszonylag kis üzemeltetési költségek és energiafelhasználás

Hátrányok:

- energiát fogyaszt, de ez viszonylag kevés más másodlagos technikákhoz mérve
- gáznemű anyagok eltávolításának hatékonysága korlátozott
- üveggyapotgyártásban feltehetőleg nem alkalmazható

3.46 Táblázat: A kőzetgyapot szűrők fő előnyei és hátrányai

Üzemeltetési adatok

Nincs csatolt információ.

Alkalmazhatóság

Ez a technika főleg a kőzetgyapot gyártás szálazási területére korlátozódott, bár egyre több és több kőzetgyapot kikeményítő kemencénél használják (lásd a 3.5.5.2.5 pontot). Ez a technika, az új és már meglévő kőzetgyapot gyártósoroknál is alkalmazható. A kőzetgyapot gyártósorok több, mint 90%-a alkalmazza ezt a technikát a szálazási területről származó gázok előkezelésére, kb. 30% használja a kikeményítő kemence kibocsátásaira, és majdnem a 40% pedig a hűtőszakasz gázainak az előkezelésére. A kőzetgyapot kikeményítő kemencére való múltbeli korlátozott használat részben a gáz magas hőmérsékletének, részben pedig az utóégető széleskörű használatának volt köszönhető. Mindazonáltal jelenleg, a passzív kőzetgyapot szűrő használatát előnyös technikának tekintik a kikeményítő kemencékre.

Nem ismert e technikának az üveggyapotgyártásban való alkalmazása. Alább kerülnek leírásra azok a fő okok, amiért a technikát nem alkalmazzák az üveggyapot gyártásban.

Az üveggyapotgyártás folyamatosságából adódóan, az elszívó csatorna és a ventilátor eltömődésének megakadályozása érdekében folyamatos tisztító mechanizmusra van szükség. Az alkalmazott technika az impact jet (sugár-ütköztetési leválasztó). Ezeket általában nem használják a kőzetgyapot gyártásban, mert a folyamat szakaszosságából adódóan a csatorna tisztítására ekkor lehetőség nyílik. Továbbá, a kőzetgyapot gyártás viszonylag kevesebb kötőanyagot használ, így az eltömődés is lassabb.

A kőzetgyapot gyártásban a szálak többnyire egy állandó vastagságú paplant alkotnak, amelyet azután, egy különálló kikeményítő szállítószalagra rétegeznek azért, hogy a kívánt termék tulajdonságokat kapják. Az elsődleges paplan vékony, amely csak egy kicsi, állandó nyomásesést kíván, és így egyetlen és viszonylag kis légáramra méretezett elszívó rendszer is elegendő. Az üveggyapotgyártásban egyetlen szálazó szállítószalag van. A paplan vastagsága a szálazó szállítószalagon növekszik meg és változik a terméktől függően. A szállítószalag mentén jelentkező nyomás különbségváltozások szükségessé teszik, hogy több, különböző kapacitású elszívó rendszer üzemeljen és a teljes elszívásnak megfelelően nagynak, változtathatónak és szabályozhatónak kell lennie. Az elszívás helyének kiosztása és nagysága fontos folyamatszabályozási eszköz, amelyeket a folyamat kezelői gyakran változtatnak. Az üveggyapot hulladékgáz változó, nagy térfogat és nagy nyomás körülményei nem ideálisak a szűrési rendszerre nézve.

A vízgőzzel telített, nagy kötőanyag tartalmú, üveggyapot szálazási területről származó gáz gyors eltömődést okozna a kőzetgyapot szűrőben. Ez sűrű szűrőanyag cserét tenne szükségessé és megemelné a visszaadagolandó, vagy a lerakókba elhelyezendő nedves hulladék szűrő mennyiségét.

További probléma az üveggyapotgyártásból származó ásványgyapot szűrőkkel az, hogy nehéz visszaadagolni őket az olvasztókemencébe. Az ásványgyapot olvasztó kemencékbe történő szálás anyag hulladék visszaadagolása a 3.7 pontban van leírva.

Gazdasági vonatkozások

E technika költségei a 3.49 Táblázatban vannak megadva, és nagymértékben függenek a légáram mennyiségétől és a gyár méretétől. A beruházás költsége meglehetősen alacsony, és az alacsony nyomásesés alacsony üzemeltetési költségeket tesz lehetővé más, hagyományos szűrőrendszerekhez képest.

Alkalmazási hajtóerő

A kőzetgyapot szűrők nagyon hatékonyan távolítják el a részecskéket és a cseppeket/aeroszokat, viszonylag alacsony beruházási és üzemeltetési költségek és alacsony energia felhasználás mellett.

Minta gyárak

- Rockwool Lapinus, Roermond, Hollandia
- Partek Rockwool AB, Hällekis, Svédország

Referencia irodalom

[89, EURIMA Suggestions 2007]

3.5.5.2 Kikeményítő kemence

A nedves termékpaplan a megközelítőleg 250 °C -os kemencébe lép be. A kemence mentén a nedvesség az illó anyagokkal együtt eltávozik, és a kötőanyag elkezd kikeményedni. A hőmérséklet és a kemencében való tartózkodási idő kritikus.

A keresztkötéseknek megfelelően kell létrejönniük a kötőanyagban, de túlzott kikeményítés ne legyen, mert ez hátrányos a termék minőségére. A kemencéből származó kibocsátások illó kötőanyagokból, kötőanyag bomlási termékekből és a kemence égőinek égéstermékeiből állnak. Általában, az üveggyapot termékek viszonylag nagyobb kötőanyag tartalommal rendelkeznek, mint a kőzetgyapot termékek, és ezáltal nagyobb a kibocsátásuk is. A kibocsátásoknak szaga van, hacsak nem kezelik őket.

A kemence többnyire gáztüzelésű és elszívás alatt van. Különösen az üveggyapot kemencék kibocsátásai ragadósak, és tűzveszélyt jelentenek az elszívó rendszerben felhalmozódó éghető anyagok miatt. A tűz megelőzése érdekében, a gázáramnál vagy vizes mosást, vagy pótlólagos melegítést alkalmaznak azért, hogy a szálló anyagok ragadós természetét megszüntessék. Az utóégető nélküli folyamatokban, a vizet általában az elszívó csatornába azért permetezik be, hogy az eltömődést és a tüzet megelőzzék. A víz bepermetezés a gázárammal szállított anyagokból is eltávolít néhányat.

3.5.5.2.1 Impact jet-ek (Sugár-ütköztetési leválasztók) és ciklonok

Leírás

A technika, a fentebb található 3.5.5.1.1 pontban van leírva, de néhány további kérdést is figyelembe kell venni. A kemencéből származó gázok mennyisége sokkal kisebb és a hőmérséklete is magasabb, mint a szárazítás területéről származóké. Ezért, főleg az üveggyapot gyártás kemencéinél, az elszívó csatornában lerakódó gyantás anyagok tűzveszélyt, sőt akár robbanást is jelenthetnek. A gázba történő víz bepermetezésnek hűtő hatása van, és a gázból anyagok kondenzálódnak le. Ez nem szükségszerűen jelent anyag eltávolítást, és a rendszer kezdeti részén a szennyezett, technológiai vízből anyagok párologhatnak ki.

Elért környezetvédelmi előnyök

A rendszer alacsony nyomáseséséből adódóan, a kis méretű részecskék eltávolításának hatékonysága elég kicsi; noha az impact jet-ek (sugár-ütköztetési leválasztó) és a ciklonok használata néhány anyag kondenzációját elősegíti az ebből következő atmoszférikus kibocsátásokkal, elkerülve a lerakódásokból adódó csatorna eltömődést és tűzveszélyt. Mivel a szárazítás területén a rendszer dinamikus egyensúlyban van, a gázkibocsátások nagyon függenek a technológiai víz és a kötőanyag kémiai összetételétől.

Környezeti elemek keresztthatások

Hacsak nincs egy másik technika a gázban szállított víz eltávolítására (pl. töltelék ágy, ciklon, demiszter) úgy, ez a technika nagy vízfelhasználáshoz és pára kibocsátáshoz vezethet.

Üzemeltetési adatok

Az ezzel a technikával elérhető kibocsátási értékek, a 3.48 Táblázatban találhatók.

Alkalmazhatóság

A szárazítási területhez hasonlóan, elvben az összes ásványgyapot gyártásban, ez a technika is használható. Sok kőzetgyapot gyárban mégsem használják, mert nem tekintik szükségesnek ezt a folyamattisztítást, másrészt ellentétes hatása lehet más technikák teljesítményére. Az impact jet-eket (sugár-ütköztetési leválasztó) és ciklonokat kiterjedten használják az üveggyapot gyárak kikeményítő kemencéinek megközelítőleg 90%-ában, gyakran a kombinált, szárazításból és kikeményítésből származó gázokhoz. Ezt a technikát előkezelésként alkalmazzák más technikákhoz kapcsolva.

Gazdasági vonatkozások

E technika költségei a 3.49 Táblázatban vannak megadva, és a légáram mennyiségétől és a gyár méretétől nagymértékben függenek. Arra a kérdésre, hogy mi tekintendő a csökkentés költségeinek, a válasz ugyanaz, mint a szárazítás területén.

Alkalmazási hajtóerő

Főleg az üveggyapotgyártásban, az elszívó csatornában fellépő gyantás anyag lerakódása tűz-, sőt robbanásveszélyt jelent. A gázba permetezett víznek jelentős hűtő hatása van, és a hulladékgázból néhány anyag kondenzál.

Minta gyárak

E a technika oly széles körben elterjedt, hogy nincs értelme minta gyár megadásának.

Referencia irodalom

[89, EURIMA Suggestions 2007]

3.5.5.2.2 Nedves gázmosó

Ez a technika a szálazás 3.5.5.1.2 pontjában részletezett, és megegyezően alkalmazható a kikeményítő kemence kibocsátásaira is. A fő megállapítás a kikeményítő kemence kibocsátásainak nedves gázmosóval történő kezelése vonatkozásában az, hogy a térfogat sokkal kisebb és a szennyező anyagok koncentrációja is különbözik; általánosan, a részecske kevesebb, a fenol hasonló, míg az ammónia és a formaldehid jelentősen több.

Az ásványgyapot iparban, a nedves töltelék ágyas gázmosóval (technológiai víz a mosó folyadék) elérhető kibocsátási értékek a 3.48 Táblázatban vannak (lásd a 3.5.5.1.2 pontot). A kemence kibocsátásai viszonylag magasabbak a gáznemű anyagoknál a szálazási területhez viszonyítva, így a teljes hatékonyság nagyobb lehet. Ez is a használt tiszta víz mennyiségétől és a kötőanyag és a technológiai víz kémiai összetételétől függ.

E technika költségei a 3.49 Táblázatban található, és nagymértékben függnének a légáram mennyiségétől és a gyár méretétől. A költségek kombinált, szálazási és kikeményítési kibocsátásokra vannak bontva. A nedves gázmosóval előkezelt kikeményítő kemence kibocsátásainak legtöbb esete kombinált, szálazási és kikeményítési kibocsátás, és a kis mennyiségnek köszönhetően a további költségek többnyire alacsonyak. A megadott költségek különbözősége nagyban függ a légáram mennyiségétől, és ha csak a kikeményítő kemence kibocsátásának a tisztítása van durván megbecsülve, a költségek arányosan csökkennek, de nem lineárisan.

Elvileg, a technika az összes gyárban alkalmazható (lásd a 3.5.5.1.2 pontot).

3.5.5.2.3 Nedves elektrosztatikus porleválasztók

Ez a technika a szálazás 3.5.5.1.3 pontjában részletezett, és megegyezően alkalmazható a kikeményítő kemence kibocsátásaira is. Nem szokás a nedves elektrosztatikus porleválasztót (NESP) csak a kemence kibocsátásainak tisztítására használni, inkább a kombinált kibocsátásra használt rendszer a szokásos. A kikeményítő kemencében lévő gázok gáznemű és szagos anyagainak nagy koncentrációja következtében, a NESP önmagában nem lenne a legjobb választás a kemence kibocsátások csökkentésére. Bár, amikor szálazási kibocsátás is kombinálva van és belső hígulás lép fel, a NESP logikus megoldás lehet.

Ezzel a technikával elérhető kibocsátási értékek a 3.48 Táblázatban vannak megadva, és a költségek pedig a 3.49 Táblázatban. Elvileg, ez a technika úgy az új, mint az üzemelő létesítményeknél is alkalmazható.

3.5.5.2.4 Hulladék gáz utóégetés

Leírás

Az ipari folyamatoknál, a szerves anyagok kibocsátásának szabályozására széles körben alkalmazzák az utóégetést. Hátránya, hogy elroncsolja az anyagot (megakadályozza visszaalakulást), és gyakran van szükség pótenergiára, és széndioxid valamint nitrogénoxidok képződnek. Mindazonáltal, energiahatékonyan is ki lehet alakítani, a szárítási és a kikeményítési folyamatok hőellátásához integrálva. Az utóégetők két típusa lehetséges: a termikus bontók (>750 °C), vagy a katalitikus lebontók (350-400 °C között).

A termikusan bontó utóégető a szerves vegyületet elégeti széndioxiddá, vízzé, kén- és nitrogénoxidokká és más égéstermékekké. A hatékony elégetés fő feltételei:

- Az égőkamrában, a tartózkodási időnek elegendően hosszúnak kell lennie ahhoz, hogy az égés teljesen végbemenjen. A 99%-os lebontás legalább 1-4 s tartózkodási időt igényel a megfelelő hőmérsékleten.
- Az üzemeltetési hőmérséklet 200-400 °C-al haladja meg a legstabilabb anyag öngyulladás hőmérsékletét, a jellemző üzemeltetési hőmérséklet kb. 800 °C. Ha a gáz aromás, és klorid-vegyületet is tartalmaz, a hőmérsékletet 1100-1200 °C-ig kell növelni, és a dioxin képződés elkerülésére a gázt gyorsan le kell hűteni.
- A hatékony hő- és anyagátadás érdekében, az égőkamrában erős turbulenciát kell biztosítani, hogy ne jöjjenek létre „hideg pontok”. Ezt olyan égő használatával érik el, amelyik örvénylő lángot ad, az égőkamrába helyezett terelő tárcsa révén.

A katalitikus lebontást valószínűleg nem célszerű alkalmazni ebben a szektorban, mert a nagy részecske terhelés és a gyantás anyagok jelenléte katalizátor mérgezéshez vezetne.

Elért környezetvédelmi előnyök

Az utóégetés hatékony technika a hulladék gáz szerves anyagának az eltávolítására, de a szerves részecskék mennyiségét nem csökkenti. Az utóégetés energiát használ fel, és növeli a CO₂ és nitrogén-oxidok kibocsátását, ám ezen kibocsátott mennyiségek előnyösebbek az elbontott anyagoknál, és növelhetik a hulladékgázból történő energia visszanyerést. A kikeményítő kemencéből származó gáz ammóniát és más nitrogén tartalmú anyagokat is tartalmaz, amelyek részlegesen vagy teljesen oxidálódva nitrogén-oxidokat adnak. Egy jól kialakított utóégető 10 mg/Nm³ alá fogja csökkenteni a teljes szerves vegyületeket (TOC).

Környezeti elemek kereszthatások

A hulladékgáz utóégető alkalmazásával kapcsolatos fő előnyök és hátrányok összefoglalása a 3.47 Táblázatban található.

A hulladékgáz utóégető alkalmazásával kapcsolatos energia felhasználás 200 m³ gáz per kg eltávolított fenolnak és formaldehidnek felel meg, vagy 20 m³ per kg eltávolított ammóniának. Az ebből következő CO₂ kibocsátás növekedést kb. 400 kg per kg fenol/formaldehid és 40 kg per kg ammónia értékekre becsülik.

Előnyök:

- nagyon hatékonyan bontja le a szerves szennyező és szaganyagokat
- nem képződik sem szilárd, sem folyékony hulladék

Hátrányok:

- az energia felhasználás nagy. Hulladék gázból származó újrahasznosítható energia módszerek kellene alkalmazni, amennyire technikailag csak lehetséges
- széndioxid és nitrogén-oxidok kibocsátása. Az ammónia egy része nitrogén-oxiddá alakul.
- a szerves részecskék eltávolítására hatástalan
- üvegyapot gyártásnál jelentősen nagyobb költségek

3.47 Táblázat: A hulladékgáz utóégetés fő előnyei és hátrányai

[89, EURIMA Suggestions 2007]

Üzemeltetési adatok

E technika alkalmazásával elérhető kibocsátási számérték a 3.48 Táblázatban vannak megadva.

A hulladékgáz utóégető alkalmazásával kapcsolatos energia felhasználási adatok nem elérhetők.

Alkalmazhatóság

A technikát, ezen anyag leírásának időpontjában (2010), csak a kőzetgyapot kikeményítő kemence kibocsátásainak a csökkentésére használják, és a létesítmények 60-70%-nál alkalmazzák. Az alternatív lehetőségek leírása lentebb található. A nagy térfogatnak, az alacsony koncentrációnak, az alacsony hőmérsékletnek és néha a magas nedvességtartalomnak köszönhetően a technikát elviselhetetlenül drágának tartják a szárazó területéről származó gázokhoz. Elviekben, a technika egyformán alkalmazható az új és a már létező létesítményekhez is.

Úgy az üveg-, mint a kőzetgyapotnál, többnyire lehetőség van a kikeményítő kemence kibocsátását a szárazás kibocsátásával kombinálva egyetlen technikával lekezelni, amely gyakran így sokkal gazdaságosabb. Elvileg, nincs technikai akadály a üveggyapot kikeményítő kemence kibocsátás csökkentésének utóégetővel. Bár, a leginkább költség hatékony megoldást nem ez jelenti.

Gazdasági vonatkozások

A hulladék gáz utóégető költségei a 3.49 Táblázatban vannak, és nagymértékben függenek a légáram mennyiségétől és a gyár méretétől. Az utóégető gazdaságossága nagyon függ a hőhasznosítási lehetőségektől is. A költség számos tényező függvénye, de különösen:

- a kezelendő gáz térfogatának, amely meghatározza az égető kamra méreteit
- a gáz hőmérsékletének, amely hatással van az égető berendezés kialakítására és a póttüzelőanyag követelményeire
- a gáz fűtőértékének, amely hatással van a póttüzelőanyag követelményeire
- az utóégetés hőmérsékletének, amely meghatározza a szerkezeti anyagokat
- a berendezéseknek
- a hőhasznosítási lehetőségeknek; és
- az üzembe helyezési követelményeknek; beltéri, kültéri, földszinti, tetőre, stb.

Alkalmazási hajtóerő

A szerves kibocsátások jogszabályi kibocsátási határértékei és a helyi lakosságtól eredő szagra vonatkozó panaszok jelenthetik létesítés hajtóerejét.

Minta gyárak

- Rockwool Lapinus, Roermond, Hollandia
- Partek Rockwool AB, Hällekis, Svédország
- Owens Corning, Quennsferry, Egyesült Királyság

Referencia irodalom

[89, EURIMA Suggestions 2007]

3.5.5.2.5 Kőzet gyapotszűrők

Leírás

Kőzetgyapot szűrőket kombinált szűrőrendszerként lehet alkalmazni a szárazási és a kikeményítési gázok szűrésére, vagy csak a kikeményítés gázainak a tisztítására egyedül. E technika részletes leírása a 3.5.5.1.4 pontban van megadva.

Elért környezetvédelmi előnyök

A kőzetgyapot szűrők hatékonyak a szerves és szervetlen részecskék eltávolításában, de a gáznemű anyagok kibocsátását nem fogják jelentősen csökkenteni. Ez a szerves komponensek

és a kötőanyagból származó ammónia megemelkedő kibocsátásához vezet, de az energiafogyasztást, a CO₂ és nitrogén-oxid kibocsátásokat csökkenteni fogja az utóégetőhöz viszonyítva. A kötőanyag komponensek megnövekedett kibocsátása normál esetben jelentéktelen a szárazítási területről származó kibocsátásokhoz viszonyítva.

Környezeti elemek keresztthatások

A közetgyapot szűrő megfogja a szerves és szervetlen részecskék nagy többségét, de a gázkomponenseket csak kis mértékben csökkenti.

Üzemeltetési adatok

A közetgyapot szűrővel kapcsolatos eredmények a 3.48 Táblázatban láthatók, összehasonlítva más csökkentő technikákkal.

Alkalmazhatóság

A közetgyapot szűrőket a közetgyapot kikeményítő kemence kibocsátásainak kezelésére használják a hulladékgáz utóégető kiváltására. A kikeményítóből távozó gáz részecske koncentrációja normál esetben nagyon alacsony, így néhány meglévő üzem csak elsődleges intézkedéseket alkalmaz, és egy szűrőrakatot használ a kikeményítő kemencét elhagyó gázok tisztítására. A rakat lehet különálló, vagy kombinált, szárazításhoz/kikeményítéshez is használva.

Gazdasági vonatkozások

E technika költségei a 3.49 Táblázatban vannak, és nagymértékben függnek a hulladék gáz mennyiségétől és a gyár méretétől.

Alkalmazási hajtóerő

Az alkalmazási hajtóerőt a létesítésre a szerves részecske anyag és a cseppek/aeroszolk eltávolítása jelentheti azért, hogy a jogszabályi kibocsátási határértékek teljesítve legyenek.

Minta gyárak

Nincs információ csatolva.

Referencia irodalom

[89, EURIMA Suggestions 2007]

3.5.5.3 Termék lehűtés

Miután a termék elhagyja a kikeményítő kemencét nagy mennyiségű levegőt (általában 10 000-40 000 m³/h) kell átvezetni rajta, hogy elfogadható hőmérsékletre legyen lehűtve. A hűtőlevegő általában üvegszálat, kevés kikeményedett kötőanyagot és kis mennyiségű szerves gőzt tartalmaz, ami szagos lehet. Ez a gázáram nem jelentős a szektorban, de helyi problémákat okozhat. Három fő módszer létezik a gáz kezelésére. Mindegyikre található példa a szektorban, és mindegyik elfogadott, mint elérhető és megvalósítható eljárás. Mindhárom eljárással viszonylag alacsony kibocsátás érhető el, az alkalmazott megoldás a helyi körülményektől függ. Néhány esetben, ha a kibocsátás nagyon alacsony, másodlagos leválasztó berendezés nem szükséges. A három technika:

- egy porleválasztó szűrő rendszer alkalmazása megfelelő leválasztási sebességgel és magassággal kombinálva a talajszinti szagok elkerülése miatt
- egy nedves mosó berendezés alkalmazása megfelelő permetezéssel kombinálva. A venturi típusú rendszer adja a legalacsonyabb részecske anyag és gőz kibocsátást

- a hűtőlevegő közös rendszerben kezelése a gyújtókamra vagy a kikeményítő kemence füstgázaival.

Környezetvédelmi és gazdasági szempontból valószínűleg a közös rendszerben való kezelés a leghatékonyabb.

3.5.5.4 Termékgyártó gépsor és csomagolás

Az ásványgyapot gyártás folyamata a szélvágást, vágási és felhasítási műveleteket foglalja magába, amelyek porkibocsátással járnak. A porkibocsátás kezelésére elfogadott módszer a hatékony összegyűjtés és elszívás, majd az elszívott levegőt hatékony porleválasztó rendszeren vezetik keresztül, rendszerint zsákos szűrőn. A csomagolási művelet is lehetséges porkibocsátási forrás, amelyet szintén kezelni kell.

A gáz mennyisége e műveletek során nagyon eltérő lehet (5 000-70 000 m³/h). A leválasztó berendezés beruházási és üzemeltetési költségének minimalizálása érdekében az elszívott levegő mennyiségét le kell csökkenteni a megfelelő porgyűjtéssel arányos minimumra.

3.5.5.5 Az ásványgyapot gyártás során keletkező szagok

A műszaki szagbecslés bonyolult, drága és szubjektív lehet, ugyanakkor kevés információ nyerhető belőle. Viszont az ásványgyapot gyártósorok a szag miatt a lakosságtól érkező panaszok forrásai lehetnek. Újabban ez a probléma lecsökkent a tökéletesített üzemeltetés és ellenőrzés révén, de ez továbbra is gond sok létesítménynél. Ez a pont a gyártási folyamat során keletkező szagokkal foglalkozik, az olvasztást is beleértve.

A magas hőmérsékletnek köszönhetően, a hagyományos levegő-gáz, és oxy-gáztüzelésű kemencék nem okoznak szagproblémákat, még az újrahasznosított anyag olvasztásakor sem. A hideg-boltozatú elektromos olvasztók csak ritkán okoznak szagproblémákat, de ez csak ásványgyapot hulladék visszaforgatás esetén fordulhat elő. A kötőanyagok részleges termikus bomláson mennek keresztül az olvasztás során, és néhány szagos összetevő felszabadulhat. Ez a probléma minimálisra csökkenthető oxidáló anyag hozzáadásával, vagy a szálak előkezelésével.

A kupolókemencés olvasztás jelentős hidrogén-szulfidos szagokat kelt. Az elfogadott megoldás utóégetőben történő égetés, amely megoldást jelent visszaforgatott anyagokból vagy alapanyagokból származó szagkibocsátásra.

A szagok fő forrása a kemence után lezajló műveletekből, főleg a szálazás és a kikeményítés fázisából ered. A szagok a termékhűtésből is származhatnak, főként a nagy testsűrűségű vagy nagy kötőanyagtartalmú anyagokból, vagy a túlzásba vitt kikeményítésnél. A folyamat során használt egyedi vegyszerekből származó szaganyagok nem jelentősek. A szaganyagok döntően a technológia során használt szerves kötőanyag kémiai és termikus reakcióiból származnak. Jellemző az „égett bakelit” szag. Üzemen kívülről érkező panaszok a formaldehid vagy az ammónia szagra csak nagyon ritkán fordulnak elő.

Leginkább a kikeményítő kemence számít a szagok forrásának, ahol a legfontosabb kémiai reakciók és a termikus folyamatok lejátszódnak. A szárítási eljárás a kötőanyag vegyületeinek és a közbenső összetevőinek egy bizonyos páralecsapódásához is hozzájárul. A legtöbb kikeményítő kemence belső részein szálak és gyantás anyagok feltapadásai látszanak, amelyek szintén kelhetnek szagos elegyet a kemence hőmérséklet hatására. A kikeményítő

kemencében kisebb tüzek és helyi túlmelegedések előfordulása sem ritka, és ez a füst és a pára nagy szaganyagot képes kibocsátani.

Ezek a szagelőfordulással járó esetek nagymértékben csökkenthetők a kikeményítő kemence megfelelő karbantartásával és tisztításával, nedves gázmosó berendezésekkel, megfelelő diszperzióval, és olyan rendelkezések alkalmazásával, amelyek mindenfajta tüzeset gyors eloltásához vezetnek. A kikeményítő kemence hulladékgázainak utóégetése nagyon hatékony megoldás erre a problémára.

Szaganyagokat eredményeznek a szárazó terület tevékenységei is, különösen akkor, amikor a kötőanyagot rápermetezik a forró üvegszálra. Azonban, a légkör hidegebb, és ezért nagyobb a páratartalma, mint a kikeményítő kemencében és a gázmennyiség sokkal nagyobb, és a szagkeltő anyagok koncentrációja hígabb lesz. Habár, a szárazó területéről jelentős lehet a szagkeltő anyag kibocsátás, erős szag csak akkor "van", ha az összetétel olyan koncentrációt ér el, ami meghaladja a szag küszöbértékét, így a szárazó terület kibocsátása általában kevesebb szaganyaggal jár, mint a kikeményítő kemence kibocsátása. Ha a szárazó terület kibocsátása szagossá válik, akkor azt nedves gázmosóval és megfelelő diszperzióval csökkenteni lehet. A problematikus, erős szaganyagokat olyan nedves gázmosóba vezethetik, ahol a szagkibocsátás csökkentésére oxidáló hatású anyagot használnak, de ezt el kell különíteni a technológiai vízrendszertől. A kémiai nedves gázmosók lényege a 3.5.5.1.2 pontban van részletezve.

Az ásványgyapot szektor fő, nem olvasztási tevékenységeiből (szárazás, kikeményítés és hűtés) származó kibocsátások általánosan elérhető értékeinek összefoglalása a 3.48 Táblázatban van bemutatva.

A 3.49 Táblázatban, az ásványgyapot szektor fő, nem olvasztási tevékenységek csökkentési technikái költség adatainak összefoglalása van megadva.

Folyamat/technika	Kibocsátások ⁽¹⁾ mg/Nm ³ (kg/t termék a zárójelben)							
	Részecske	Fenol	Formaldehid	Ammónia	NO _x	CO ₂	VOC-k ⁽²⁾	Aminok ⁽²⁾
Kombinált szálazás és kikeményítés								
Ciklon	15 (0.6)	2 (0.08)	1 (0.04)	10 (0.4)			14 (0.56)	
Impact mosó + ciklon	9 - 64 (0.6 - 3.2)	0.4 - 14 (0.03 - 0.8)	0.7 - 6.4 (0.06 - 0.25)	8 - 61 (0.36 - 5.0)			3 - 28 (0.13 - 1.7)	
Impact mosó + ciklon + NESP ⁽³⁾	19 (1.21)	7.0 (0.46)	3.6 (0.269)	56 (3.6)			20.3 (1.43)	
Impact mosó + ciklon + ülepítő kamra	18.1 (0.65)	1.31 (0.0465)	3 (0.1)	48.8 (1.81)		5236 (194)	23.7 (0.89)	
Kőzetgyapot szűrő ⁽⁴⁾	18.3 (0.8)	18.8 (0.7)	6.5 (0.23)	39.3 (1.41)	48 (2)			
Kombinált szálazás								
Ciklon	14.5 (1.11)	1.88 (0.14)	1.65 (0.13)	19.5 (1.49)			9.3 (0.71)	
Impact mosó + ciklon + TÁM ⁽³⁾	11 (0.35)	0.75 (0.024)	1.4 (0.044)	30.9 (0.97)	2 (0.06)		20.7 (0.65)	
Kőzetgyapot szűrő ⁽⁴⁾	7 - 44 (0.15 - 1.2)	0.5 - 14 (0.01 - 0.25)	0.7 - 5.4 (0.017 - 0.14)	6.7 - 64.2 (0.18 - 1.4)	70.4 (2.75)			0.08 (0.0016)
Csak kikeményítés								
Ciklon	81 (0.33)	1.02 (0.0043)	1.4 (0.018)	125 (0.84)			14.4 (0.08)	
Impact mosó + ciklon + TÁM ⁽³⁾	1.9 (0.0048)	0.18 (0.0005)	0.03 (0.00007)	44.3 (0.11)			42.7 (0.11)	
Hulladék gáz utóégető ⁽⁴⁾	3 - 29 (0.01 - 0.16)	0.2 - 30 (0.0004 - 0.1)	0.22 - 7.1 (0.001 - 0.06)	6 - 90 (0.05 - 0.24)	45 - 204 (0.08 - 1.3)	16 000 - 18 000 (35 - 81)		0.07 (0.0002)
Kőzetgyapot szűrő ⁽⁴⁾	11 (0.25)	5.85 (0.019)	5.4 (0.022)	65 (0.28)	34 (0.12)			
Utóégető + kőzetgyapot szűrő ⁽²⁾	13.5 (0.03)	1.2 (0.004)	5 (0.011)	83 (0.26)	225 (0.3)			0.3 (0.001)
Hűtés								
Ciklon	12.5 (0.04)							
Kőzetgyapot szűrő ⁽⁴⁾	4 - 50 (0.02 - 0.41)	5.5 (0.047)	3.89 (0.02)	18.3 (0.08)	48.3 (0.12)			
VOC = Volatile Organic Compound (Illó Szerves Anyag) (1) A tartományként megadott kibocsátási adatok a mérések (min. 9, max. 23) jellemző számaira utalnak. Az egyetlen számként megadott kibocsátási adatok korlátozott számú mérések (min. 1, max. 4) átlag értékeire utalnak. (2) Az eléhető adatok korlátozottak. (3) NESP = Nedves ElektroSztatikus Porleválasztó; TÁM = Töltelék Ágyas Mosó (4) Ezeket a technikákat csak a kőzetgyapot termeléshez alkalmazzák.								

3.48 Táblázat: Általában elérhető levegő kibocsátási értékek az ásványgyapot szektor nem olvasztási tevékenységeinél, különböző technikák alkalmazásakor

[89, EURIMA Suggestions 2007]

Csökkentési technika	Berendezés kapacitás (tonna/nap)	Beruházási költség (millió EUR) ⁽¹⁾	Üzemeltetési költség (millió EUR/év) ⁽²⁾	Fajlagos költség (EUR/tonna) ⁽²⁾
Szálazás + kikeményítés				
Impact mosó + ciklon	50	1.1	0.15	16.5
Impact mosó + ciklon + NESP	150	4.4	0.6	23.5
Impact mosó + ciklon + nedves mosó	100 - 150	2.3	0.5 (100 t/nap) 0.62 (150 t/nap)	18.5 (100 t/nap) 20.5 (100 t/nap)
Kőzetgyapot szűrők	150 - 350	0.9 (200 t/nap)	0.86 (200 t/nap)	16 (200 t/nap)
Szálazás + kikeményítés + hűtés				
Impact mosó + ciklon + nedves mosó + NESP	250	7.6	0.95	21
Száraz + nedves mosók + NESP ⁽³⁾	250	13.7	0.73	28.5
Szálazás + hűtés				
Kőzetgyapot szűrők	150	1.3 - 4.3	0.4 - 0.55	17 - 18.5
Csak szálazás				
Impact mosó + ciklon	25	0.8	0.16	29
Ellenáramú mosók	100	3.1	0.15	15.5
Kőzetgyapot szűrők	150 - 350	1.0 (150 t/nap) 8.4 (350 t/nap)	0.55 - 0.6	8.5 - 17
Csak kikeményítés				
Kőzetgyapot szűrők + utóégető	150 - 200	0.8 - 1.3	0.2 (újrahasznosítás) 0.4 (lerakás)	5.5 (újrahasznosítás) 14.5 (lerakás)
Kikeményítés + hűtés				
Hulladék gáz utóégető	150 - 350	0.6 - 1.3 (150 – 250 t/nap) 3.5 (350 t/nap)	0.3 - 0.6	5.5 - 14
1. A beruházási költségek a helyszin előkészítését is tartalmazzák 2. Az üzemeltetési és fajlagos költségek a szűrőpor teljes újrahasznosításán alapulnak, hacsak másképpen nem specifikáltak 3. Száraz és nedves mosók + NESP esetén: a beruházási költségek a mosóvíz visszaforgató üzem költségeit <u>tartalmazzák</u> ; a fajlagos költségek <u>nem tartalmazzák</u> a mosóvíz visszaforgató üzem költségeit				

3.49 Táblázat: Csökkentési technikák beruházási és üzemeltetési költségei az ásványgyapot szektornál nem olvasztási tevékenységekre

[89, EURIMA-ENTEC Costs evaluation 2008]

3.6 VÍZBE TÖRTÉNŐ KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSÉNEK TECHNIKÁI

Általánosságban elmondható, hogy a vízikörnyezetbe irányuló szennyezés viszonylag alacsony és csak néhány fontos kérdés van, ami kizárólag az üvegiparra vonatkozik. Ez a dokumentum nem tartalmaz általános vízszennyezési kérdéseket, ezek közősek több más ipari tevékenység eljárásával és ezek nagy részletességgel tárgyalta a műszaki irodalomban. Ezen pont tömören összegzi azokat a fő kérdéseket, ahol több információ szolgáltatása szükséges, amelyek jellemzőek az üvegiparra. Általánosságban, a vizet leginkább tisztításra és hűtésre használják, és teljesen visszaforgatható vagy kezelhető a megszokott, standard eljárásokkal, módszerekkel. A vízszennyezés lehetséges főbb forrásai az alábbiak:

- felszíni vízcsatorna hálózat
- alapanyagtárolóból való szennyezés vagy szivárgás
- szilárd vagy folyékony anyaggal szennyezett területekről való szivárgás a csatornába
- terméktisztításhoz használt víz
- hűtővíz és zárt rendszerből történő hűtővíz leengedés
- nedvesmosó szennyvize

A kommunális szennyvizet leszámítva, a szennyvíz általában csak szilárd üveget, kevés olajszennyeződést, kis mennyiségű oldott üvegösszetevőt (pl. nátrium-szulfát) és hűtővíz kezelésére szolgáló vegyszereket tartalmaz. Ha lehetséges bármilyen veszélyes anyag vízbe jutása, ott méréseket kell végezni, hogy megelőzzük ezek vízrendszerből kilépését. Ahol csak lehetséges, zárt hűtési rendszert kell alkalmazni és minimalizálni az elfolyó vizet. Ha szükséges, szennyezés szabályozási alapszereket lehet alkalmazni a kibocsátás további csökkentésére. Például ülepítés, szűrés, olajleválasztás, közömbösítés, és kibocsátás a városi szennyvízhálózatba.

Standard, jó gyakorlati technikákat lehet alkalmazni a folyékony alapanyagok és közbenső termékek raktáraiból eredő kibocsátások csökkentésére, mint például:

- megfelelő befogadó méretekről való gondoskodás (folyadékelfogáshoz)
- a tartály és vízgyűjtő vizsgálata/ellenőrzése, hogy biztosítsuk annak épségét
- túltöltés elleni védelem (lezáró szelep, riasztási lehetőség, stb)
- a vízgyűjtőn vagy más tárolón, a befolyók és kifolyók helyzete

Általában, a vízbe történő kibocsátások felügyelete olyan kompozit mintákkal történik, amelyeket kétóránként vagy naponta (a négy-öt mintából napi átlag képzés több Tagállamban az alap) vesznek. Elterjedt a pH és a hőmérséklet folyamatos mérése.

Az üvegiparra jellemző fejezetek:

- ásványgyapot technológiai vízrendszerek
- folytonos üvegrost szennyvíz
- speciális üveg (TV üveg)
- háztartási üveg (ólomkristály, kristályüveg)
- fritt lehűtés (gyorshűtő és aprító körök).

Ásványgyapot

Az ásványgyapot eljárások normál körülmények között nettó vízfelhasználók, a víz jelentős mennyisége vízpáraként távozik a levegőbe a szárazítás alatt, kisebb mennyisége pedig a kikeményítő eljárás során. A fentebb említett főbb okokon kívül nincs más jelentős szennyvíz kibocsátás. A legtöbb folyamat zárt vízrendszerben működik (lásd 2.15 Ábrát), és ahol alkalmazható, ott a hűtővíz leengedése és a tisztítóvíz bevezetése ebbe a zárt rendszerbe történik. A technológiai mosóvíz és kötőanyag szennyeződések általában visszaforgatásra kerülnek a technológiai vízkörbe.

A technológia vízrendszer behatárolt térfogatú, de a rendszerbe betervezhető egy olyan tárolótartály, ami a túltöltéseket összegyűjti, ez utána visszatáplálásra kerülhet a rendszerbe. A folyamatokban alkalmazott anyagok nagy része összeegyeztethető a technológiai víz kémiai összetételével. A szennyezett víz kis mennyisége a kármentőkből, a szennyeződésekből és az olajfogókból származhat. Azokat az anyagokat, amik nem kerülhetnek a technológiai vízrendszerbe, azokat egy tárolótartályba lehet átvezetni. Ezen anyagok csekély volta miatt, kiengedhetők a városi szennyvízhálózatba, vagy egy telephelyen kívüli kezelőbe. A 3.50 Táblázatban listázott technikákat lehet alkalmazni, de ezek valószínűleg nem gazdaságosak ezekre a nagyon csekély mennyiségekre.

A technológiai vízrendszer nagy mennyisége lehetőséget teremt a tiszta vízrendszer elszennyezésére, mint a hálózati víz és fritteléshez használt víz. A rendszert úgy kell

kialakítani és működtetni, hogy a minimumra csökkentsük ennek a veszélyét. Például, a tiszta vízrendszert szigetelni kellene azokon a területeken, ahol szennyeződés kerülhet bele.

A biológiai kezelés olyan technika, amelyet az ásványgyapot szektorban lehet használni a kötőanyag felhasználásból származó szerves vegyületek csökkentésére. A baktériumokat és mosótornyokat alkalmazó biomosók a technológia vízben lévő szerves szennyezők mennyiségét csökkentik (lásd a 3.44 Táblázatot).

Speciális üveg

A speciális üveg szektor rendkívül szerteágazó és így nem beazonosítható az összes, lehetséges vízszennyező kibocsátás, és az annak megfelelő csökkentési technika. E szektor legtöbb tevékenysége csak a fent leírt általános szennyvízkezeléseket vonja maga után. Mindazonáltal, bizonyos termékek gyártása, főleg a TV üveg és az optikai üvegek, a nedves csiszolás vagy polírozás műveleteinél vannak érintve. Ez hozzájárul a vízáram növekedéséhez, amely csiszoló és polírozó anyagokat (pl. cérium-oxid, szilícium-karbid), valamint finom üvegből származó ólmot tartalmaz. Ezt a szennyvizet a 3.50 Táblázatban felsorolt standard szilárd anyag eltávolítási technikákkal lehet kezelni. Az üvegben lévő ólom lényegében oldhathatlan és a teljes ólom tartalom a szilárdanyag tartalomtól függ.

Háztartási üveg

Általában, a háztartási üveg szektornak nagyon kicsi a vízszennyező kibocsátás. Az iparág más szektoraival együtt, a víz többségét hűtésre és mosásra használják, és a vizes kibocsátások a hűtővíz rendszer tisztítását, mosóvizet és a felszíni csatornába leengedett vizet tartalmazza. Mindazonáltal, bizonyos tevékenységeknek, főleg az ólomkristály és a kristályüveg termelésnek specifikáltabb kapcsolódó kibocsátásai vannak, úgy mint:

- a csiszolási műveletnél használt víz csiszolószereket és finom üvegrészecskéket tartalmaz. Ezt a zagyot standard leválasztó technikákat alkalmazva kezelni lehet. Ez a víz újra felhasználható a csiszolásnál, hogy a kibocsátási szinteket minimalizáljuk, bár egy kis mennyiség elpárolog a körből. Az üveg ólom tartalma lényegében oldhathatlan
- a savpolírozásnál, a savfürdő után, az üveg felületén ólom-szulfát réteg van. Ezt forró vízzel mossák le, amely savassá válik és oldható ólom-szulfátot fog tartalmazni. Ezt a zagyot kémiai és fizikai technikák kombinációjával kezelni lehet. Az ólom-szulfátot reagáltatni lehet, hogy az ólmot kicsapjuk (pl. kalcium-karbonáttal, ami ólom-karbonátot ad), amelyet aztán el lehet távolítani, a fizikai leválasztást követő koagulálással és flokkulálással többnyire. Ezt a technikát használva <0.5 mg/l ólomszintre lehet lemenni
- a nedves mosóból származó savas szennyvíz semlegesítést fog igényelni a kibocsátás előtt. Alternatív esetben, a szilícium-hexafluorid savat újra lehet hasznosítani és kémiai alapanyagként eladni. A savas vízbe adagolt kalcium-karbonátot a polírozásra használt folyasvból származó fluoridok eltávolítására is alkalmazni lehet.

A szennyvíz kezelés lehetséges technikáinak listáját a 3.50 Táblázat mutatja be.

<u>Fizikai kezelés</u> ▪ rácsos szűrés ▪ lefőltetés ▪ üleptítés ▪ centrifugálás ▪ szűrés	<u>Kémiai kezelés</u> ▪ semlegesítés ▪ levegőztetés ▪ lecsapatás ▪ koagulálás és flokkulálás
<u>Biológiai kezelés</u> ▪ aktivált üledék ▪ bioszűrés	

3.50 Táblázat: Az üvegyiparban alkalmazott lehetséges szennyvíz kezelő technikák listája

3.7 EGYÉB HULLADÉKOK CSÖKKENTÉSÉNEK TECHNIKÁI

Az üvegyipart az jellemzi, hogy a legtöbb gyártás során nem keletkezik jelentős mennyiségű szilárd hulladék. Az eljárások többségének nincs velejáró jelentős mellékterméke. A folyamat során keletkező hulladékok a fel nem használt alapanyagokból és olyan hulladéküvegből állnak, amiből nem lett termék. Az üvegyiparban található fő, folyamathulladékaikra az alább leírt technikák vannak.

Keverék hulladékaik

Ezek az alapanyagok tárolása és kezelése során keletkeznek és ott, ahol a minőségi követelmények ezt megengedik, teljesen újrafelhasználhatók a gyártásban. Azokban az esetekben, ahol az anyag lerakódik, ezért nem elég tiszta a visszaforgatáshoz, ott a 3.3 pontban leírt módszerekkel minimalizálni lehet azok mennyiségét.

Por összegyűjtése a füstgáz áramból

A legtöbb esetben a füstgáz áramból összegyűjtött por visszaforgatható belül a folyamatba. Az újrahasznosított szűrőpor szulfát tartalmú alapanyag helyettesítőként van jelen azon üvegyártásoknál, ahol a szulfátot tisztulást elősegítő szerként alkalmazzák. Ahol savas gáz abszorbenseket alkalmaznak, ott az újra felhasználás miatt, az abszorbenst úgy lehet megválasztani többnyire, hogy az összeférjen az alapanyaggal, bár a keverék összetételét be lehet szabályozni. Ennek lényege a 3.4.1 pontban kerül kifejtésre.

A szűrőpor használata a kiporzás és a tűzállóanyagok korróziója miatt a keverék előállításakor hosszú távú problémák forrása lehet, és a rövidtávú problémák pedig a kén és a NaCl gőzök a füstgázban való felhalmozódásával kapcsolatosak.

A kemence élettartama alatt, a regeneratív kemencékben tekintélyes mennyiségű por rakódik le a regenerátorokban. Ezt az anyagot az átépítés/javítás alatt kisorsolják, és megfelelő hulladéklerakóban helyezik el. Ezt az anyagot általában, gyakorlatilag nem lehet újrahasznosítani.

Termékké nem vált olvadék

Ez a hulladéktípus főként a formázási folyamat megszakadásakor keletkezik, vagy hibás működésből, termékváltságból ered. A leggyakrabban használt és hatékony módszer az olvadéknak vízben történő hűtése és összetörése, és azután üvegcserep formában való közvetlen felhasználása alapanyagként. Azonban számos példa van, ahol ez nem valósítható meg, vagy nem szokásos. Általában, az összes selejt csomagoló üveget lehetséges

újraolvasztani. A fő kivétel az, ahol az üveg szennyezett, pl. kerámiával szennyezett idegen cserép.

A float üveg eljárásban, a termelés megszakítása általában a “float fürdő” után történik, így tehát a hulladék általában szilárd üveg, ami szintén összetörhető és üvegcserep formában visszaforgatható. Hasonlóképpen a folyamatos üvegrost gyártásnál a termelés félbeszakítása a szálformázás után történik és a hulladék anyag maga a szál. További hulladéktípus a lecsapolt üveg, ami a csatorna aljáról eltávolított, sűrű, nem olvadt részecskéket magába foglaló összegyűjtött olvadt üvegáram. Az el nem távolított részecskék szálazási problémákat okozhatnak, ami költséges károkat és megnövekedett selejtet jelent. Az anyag belső újrafelhasználása általában nem kívánatos, mert ez lehetővé teszi az elkülönített szennyeződések visszakerülését a kemencébe, ami így vissza fog jutni a centrifugákhoz. A nem olvasztható anyagok így felhalmozódhatnak, és a fellépő szálazási problémák következtében potenciálisan nagyobb mennyiségű hulladék keletkezik. Az üvegipar más területein ez az anyag újra felhasználható.

Kőzetgyapot gyártásnál a finom anyagdarabokat nem lehet visszaforgatni a kupolókemencébe, mert ezek elzárnák az anyagágyon átáramló levegőt. Ez a probléma leküzdhető a hulladékanyagok brikettálásával, az így gyártott darabok már alkalmas méretűek normál alapanyagnak. Ezt a módszert manapság már széleskörben alkalmazzák, és bizonyítottan tekinthető mind a pénzügyi, mind a műszaki haszna, bár a gazdaságosságuk nagyon eltérő. Kőzetgyapot darabok (nem szálazódott részecskék) így szintén újrahasznosíthatók.

Selejt

Ebbe a kategóriába az elvárt specifikáción kívüli anyagok tartoznak, úgymint a szélvágás hulladékai, a termékváltási selejtek, a sérült termékek, és a minőségügyi minták. Ahol csak lehetséges, e hulladéktípusokat minimalizálni kell, és kívánatosabb ezeket visszaforgatni a folyamatba, mint például a szélhulladék lehető legkisebb szélességre csökkentése. Ezen intézkedéseknek általában gazdasági előnyei is vannak.

A “szilárd” hulladékok, mint például a síküveg szélhulladékai, csomagoló üveg selejtek, könnyedén újrahasznosíthatók törés után üvegcserep formájában. Néhány létesítménynél, ez nem tehető meg a termékek különbözősége miatt, vagy egyszerűen csak nincs gazdasági előnye. Elméletileg, így minden “szilárd” üveghulladékot vissza lehet forgatni a nagyon szennyezett üveg vagy a kirívó hibával (kő. huzal) rendelkező selejt kivételével, amelyeket lerakóba szükséges vinni.

Ásványgyapot szektorban, a termék hulladéka szálás, és emiatt az nem adagolható vissza közvetlenül a kemencébe. A megoldás, hogy ezeket először össze kell tépni vagy darálni, majd így kell beadagolni a kemencébe, vagy brikettálás után a kőzetgyapot kupolókemencébe. Bár elméletben egyszerű dolog tűnik, ez a módszer elég költséges, és csak manapság válik gazdaságilag életképpé, az elhelyezési költségek megnövekedése miatt. Ezen dokumentum írásakor, ez a technika még nem elfogadott általánosan. További probléma az üveggyapotgyártásban az anyag szerves kötőanyag tartalma, amit oxidálni kell a kemencében. Ehhez rendszerint nagyobb mennyiségű nitrátokat kell alkalmazni, ami elbomlik és NO_x szabadul fel, és néha MnO_2 -t, ami szintén oxidálószerként használatos. Ahol lehetséges, ott a szálás hulladékokat feldolgozzák, és tépett gyapotként eladják. A szélhulladékokat általában felaprítják és visszaadagolják a szálazáshoz. Korlátozott (csak szélhulladék) az a hulladékmennyiség, amit ezen az úton újra lehet hasznosítani, és általában nem használható fel a nagy szilárdsági követelményű termékekhez.

Szilárd hulladékok a szennyvíz rendszerből

Általában, a technológiai vízrendszerből leválasztott hulladék nem kerül újrahasznosításra, hanem hulladéklerakóban helyezik el. Néhány szektornál, kiváltképpen a háztartási üvegiparban (ólomkristály csiszolási iszap) kezdeményezik, hogy ezt a hulladékot folyamatosan újrahasznosítsák és értéknek tekintsék. A legtöbb szektornál pénzügyileg nem járható, hogy visszanyerjék ezeket a hulladékokat vagy a kis mennyiség vagy a kiszámíthatatlan/szennyezett összetétel miatt.

A csomagoló üveg szektorban, a hűtővíz rendszerekben lévő hulladékot gyakran üzemben belül újrahasznosítják (finom üvegrészecskék olajjal keverve).

Az újrahasznosított hulladékokat (pl. szelektív üveggyűjtőkből) nem tárgyalja ez a pont, mert az nem a gyártás hulladékárama, tehát a Direktíva hatályán ebből a szempontból kívül esik. Mindamelllett, a cserép újrahasznosításnak jelentős a folyamatra gyakorolt hatása, és a 3.4 és 3.8 pontban van figyelembe véve. Továbbá, az olvasztási folyamat fajlagos energia felhasználásának csökkentéséhez hozzájárulva, ez a gyakorlat csökkenti az eredeti alapanyag felhasználást, ami pozitív a Direktíva szempontjából.

3.8 ENERGIA

Az üveggyártás egy nagyon energiaigényes folyamat, így az energiaforrás, a tüzelési technika és a hővisszanyerés módszere központi kérdése a kemence kialakításának és a gyártás gazdasági teljesítményének. Ugyanezek a választások a legfontosabb tényezők közé tartoznak az olvasztási folyamat környezetszennyezése és energiahatékonysága szempontjából is. Általában véve, az üveg olvasztásához használt energia az üveggyártás teljes energiaigényének, több, mint a 75%-át adja, és a teljes energia bevitel kb. 65%-át átlagosan, ha az üvegipar összes szektora figyelembe van véve. A fenti százalékok a felhasználási pont energiájára vonatkoznak, és nincsenek helyesbítve az elsődleges energiára.

A fajlagos energia felhasználás minimalizálására alkalmazott technikák/intézkedések által elért jellemző értékek összegzése a 3.51 Táblázatban van megadva, ahol a különböző szektorokat jellemző adatok statisztikailag összegyűjtött adatokon alapulnak.

Szektor	Kemence típus/kapacitás	GJ/t olvadt üveg ⁽¹⁾	GJ/t kész termék ⁽²⁾
Csomagoló üveg			
Palackok és konzerves üvegek	<100 t/nap	5.5-7	<7.7
	>100 t/nap	3.3-4.6	
	Elektromos kemencék	2.9-3.6	
Kozmetikai csomagoló üvegek	<100 t/nap	7-9	<16
	>100 t/nap	4.8-6	
Síküveg			
	Összes kapacitás	5-7	<8
Folyamatos üvegrost			
	Összes kapacitás	7-14	<20
Háztartási üveg			
	Hagyományos kemencék		<24 <100 t/nap ⁽³⁾ kapacitásnál <18 >100 t/nap kapacitásnál
	<100 t/nap ⁽³⁾	6.7-9.5	
	>100 t/nap	5-6	
	Elektromos kemencék ⁽⁴⁾	3.4-4.3	
Különleges üveg			
Összes termék	Elektromos kemencék ⁽⁴⁾	3.9-4.5	<20
Mész-nátron üveg	Hagyományos kemencék	5-10	
Boroszlakát üveg		10-15	
Ásványgyapot			
Üveggyapot	Összes kapacitás	2.7-5.5	<14
Kőzetgyapot	Összes kapacitás	4.2-10	<12
Magas hőmérsékletű szigetelő gyapot			
	Összes kapacitás	6.5-16.5	<20
Fritt			
	Oxy-tüzelésű kemencék	≤9	
	Levegő/tüzelőanyag és dúsított levegő/tüzelőanyag tüzelésű kemencék	≤13	

1. Az adatok a kemence energia felhasználására vonatkoznak.

2. Az adatok a létesítmény teljes energia felhasználására vonatkoznak.

3. Az értékek nem tartalmazzák a fazekas kemencékkel és a nappali kádakkal felszerelt létesítményeket, amelyek olvasztási folyamatának energia felhasználása a 10-30 GJ/t olvadt üveg érték tartományban lehetnek.

4. Az adatok a felhasználási pont energiájára vonatkoznak, és nincsenek helyesbítve az elsődleges energiára.

3.51 Táblázat: A fajlagos energia felhasználás minimalizálására alkalmazott technikák/intézkedések által elért jellemző értékek

A 3.51 Táblázatban közzé tett értékek az egyes szektorokra jellemző számok; mindazonáltal, nem tartalmazzák az olvasztó kemence üzemeltetési feltételeinek teljes tartományát, és a specifikus termékkel kapcsolatos összes további folyamatot. Valójában, a keverék összetételben használatos cseréparány, az üvegolvadék minőségi követelményei és a csomagolt termék/olvadék arány jelentősen változhat az egyes szektorokon belül és ennek következtében a fajlagos energia felhasználás is. A feltüntetett értékek elsődleges energiára vonatkozó helyesbítése (pl. elektromos olvasztás, elektromos pótűtés, oxy-tüzelőanyag tüzelés) szintén jelentős hatással van a fajlagos energia felhasználásra.

Az olvasztás energia költsége a legnagyobb költségtényezők egyike az üveg gyártósorok üzemeltetési költségeinek, így jelentős ösztönző a gyártók számára, hogy csökkentsék az energiafelhasználást. Az energia megtakarítási technikák üzembe helyezésénél hagyományosan a gazdasági megtakarítások alapján döntöttek, napjainkban azonban egyre nagyobb szerepet játszanak az energiafelhasználással járó környezeti szempontok. Fosszilis tüzelőanyag tüzelésű kemencék energiafelhasználásának szintén hatása van a gyártott üveg tonnájára jutó közvetlen és közvetett kibocsátásra, ami közvetlenül összefügg az elégetett fosszilis tüzelőanyag mennyiségével, különösen a CO₂, SO₂ és az NO_x kibocsátásra, de a részecske anyagokra is. Ezeket a témákat a fejezet anyag specifikus pontjai tárgyalják.

3.8.1 Olvasztási technikák és kemence kialakítás

[tm18 CPIV, tm5 EEO, tm14 ETSU] [19, CPIV 1998] [6, EEO 1995] [15, ETSU 1992]

Az olvasztási technika kiválasztásának óriása hatása van az energiahatékonyságra. Ez a választás főleg gazdaságossági szempontok alapján dől el. Legfontosabb tényezők a gyártani kívánt termék mennyisége, és az ezzel kapcsolatos beruházási és üzemeltetési költségek a kemence élettartama alatt. Fontos szempont az üzemeltetési költségeknél az energiafelhasználás és általában, a gyártó a lehető legenergiatakarékosabb kialakítás mellett dönt.

Hagyományos fosszilis tüzelőanyag tüzelésű kemencék kialakításánál nagyon fontos különbség, hogy a hővisszanyerő rendszer regenerátoros vagy rekuperátoros-e. A kialakítások és az üzemeltetések közötti különbségeket a 2 fejezet tárgyalja. Az egyik fő tényező a kiválasztáskor a kemence mérete, ami a 3.2 pontban van részletezve.

A regeneratív kemence magasabb égéslevegő előmelegítési hőmérsékletet ér el az égéstermékre egészen 1300-1400 °C-ig, ami összehasonlítva a rekuperátoros kemencék max. 750-800 °C-ával, jobb olvasztási hatékonyságot eredményez. Az általában nagyobb méretű regeneratív kemencék szintén jobb energia hatékonyságot eredményeznek, mint a kisebb rekuperátoros kemencék. Ez azért van, mert a fajlagos szerkezeti veszteségek fordítottan arányosak a kemence méretével, a főok a felszín területének és térfogatának aránya. Egy modern, regeneratív kemence esetében a teljes termikus hatásfok 50% körül lesz, míg a füstgázvesztesség 25-35% körülire tehető (keverék és cserép előmelegítés esetén ez az érték 14-20% körüli) és a szerkezeti veszteségek adják a maradék veszteség jelentős részét. Rekuperátoros kemence termikus hatásfoka hővisszanyerő nélkül közelebb lesz a 20-30%-hoz.

A regeneratív kemencék U-lángúak lehetnek, vagy kereszttüzelésűek. U-lángú kemencék elméleti termikus hatásfoka jobb (10%-kal magasabb), de a hőmérséklet szabályozás lehetősége korlátozottabb és a kemenceméretének is van felső határa (jelenleg 150 m² csomagoló üveggyártás esetén). Végül is, a kemence üzemeltetése fontosabb szerepet játszik az energia hatékonyságban, mint a kemence típusa (U-lángú vagy kereszttüzelésű). A float üveg, háztartási üveg és kozmetikai csomagoló üveg (parfúm és luxus kozmetikum) gyártó kemencék kevésbé hatékonyak, mint a csomagoló üveg gyártó kemencék, mert a fajlagos kihozatalok sokkal alacsonyabbak a minőségi követelmények és/vagy a tisztulási kémiai folyamatok miatt.

A regenerátorok által visszanyert energia növelhető a tűzállóanyagok mennyiségének növelésével. Gyakorlatban, ez megoldható a megnagyobbított regenerátor kamrákkal vagy elkülönített, de összefüggő felépítményekkel, megteremtve a feltételeit a több-járatú regenerátoroknak. A csökkentés törvénye visszatér az alkalmazásoknál, mivel a regenerátor

hatékonyság eléri az aszimptotikus maximum értékét. A kemence felépítmény módosításának elvi korlátai a speciális tűzálló téglák költségei, és a már meglévő kemencéknél a rendelkezésre álló hely miatti kötöttség, valamint ennek a járulékos költségei. Ez az elv rendszerint gyakrabban alkalmazott az U-lángú kemencéknél, annak egyszerű regenerátor geometriájának következtében, bár a keresztüzelésű kemencéknél is van néhány alkalmazása. A már meglévő kemence regenerátorának szerkezeti módosítása (ha ez műszakilag és gazdaságilag kivitelezhető az adott gyár elrendezkedésének megfelelően) csak a kemence átépítés ideje alatt oldható meg. A regenerátorok üzemeltetésének kezdetén, az energiafelhasználás max. 15%-kal csökkenthető a tipikus egy járatú regenerátoros kemencéhez viszonyítva, az egy járatú regenerátor eredeti méretétől függően. Másrésről, többjáratú regenerátorok alkalmazása lehetséges kondenzációs problémákkal járhat, ami a rácsok tisztítását igényli, és ennek következtében csökken az energia hatékonyság. Egy járatú regenerátorokkal kialakított korszerű kemencék hővisszanyerési hatásfoka megközelíti a 65%-ot. Ilyen esetekben, a több járatú regenerátorok használatával nem érhető el jelentős javulás a kemence energiahatékonyságában.

A megnövelt mennyiségű tűzállóanyagoknak az egyetlen negatív hatása, hogy azt kezelni kell a kemence élettartama végén. Ez a negatív hatás mérsékelt, mivel jelentős hányada az extra tűzálló tégláknak megél két vagy több kemenceátépítést is, és a tűzállóanyagok újrahasznosítására léteznek már megoldások, amelyeket folyamatosan fejlesztenek. Habár a megnövelt levegő előmelegítési hőmérséklet a több járatú regenerátorokkal kialakított kemencéknél a láng hőmérséklet megnövelésének egy lehetséges tényezője és ennél fogva az NO_x képződésnek is, de a gyakorlatban, ezek a kemencék nem mutatnak magas NO_x szinteket, ha a megfelelő intézkedéseket az alapanyag kiválasztással történő csökkentésre megtették.

Sokféle anyag felhasználható hőtároló anyagként és rácsnak a regenerátorokban. A legegyszerűbb megoldás a tűzálló téglák nyitott, vagy „kosárfonat” mintába rakása, ez kb. 50%, vagy annál nagyobb regenerátor hatékonyságot biztosít (a levegő által felvett hőt a füstgáz hőtartalmával összehasonlítva). Viszont, a hőátadás javítható speciális alakú rács és olvasztott öntött tűzállóanyagok alkalmazásával. Például, bordás keresztalakú öntött anyag fokozhatja a hőcsere hatékonyságát összehasonlítva a normál téglaráccsal. Ezen típusú tűzálló téglák energia felhasználására vonatkozó hatása függ a kiindulási helyzettől és a regenerátor méretétől; a jellemző tüzelőanyag megtakarítás 7%-os. Ráadásul, ezek az anyagok a füstgázból származó illóanyagok kémiai hatásainak nagyon ellenállnak, valamint nagyon kicsi károsodást mutatnak (összehasonlítva a téglával) a kemence élettartama alatt. Mostanában, a bordás alakú az általános, amikor keresztalakú rácsot alkalmaznak a regenerátorban.

A regenerátorok maximális elméleti hatásfoka kb. 77%, mert a kemencéből kilépő füstgáz tömege meghaladja a bejövő égéslevegőét, és a távozógázok hőkapacitása meghaladja az égéslevegőét. A gyakorlatban, a hatékonyságot korlátozzák a költségek, és a szerkezeti veszteségek még jelentősebbé válnak, ahogy a regenerátor méretei nőnek.

Gyakorlatilag, nehéz elképzelni olyan költség-hatékony regenerátor kialakítást, aminek a hatékonysága 70%-nál nagyobb.

A kemence-geometria folyamatosan finomodik az optimalizált hőáramnál és hőátadásnál, mindkettő javítja az üvegminőséget, és energiát takarít meg. A fejlesztéseket gyakran a tüzelési rendszer fejlesztésével kötik össze, a kibocsátás csökkentés és az energia megtakarítás miatt. A kemence-geometria megváltoztatása csak új kemencénél, illetve a kemence teljes átépítésnél lehetséges és még akkor, amikor ez lehetséges az acélszerkezet és a meglévő infrastruktúra korlátai között.

Az elektromos olvasztás, amely részleges, vagy 100%-os is lehet, növeli az energiahatékonytságot, amikor csak a helyszíni energiákat számítják be, de amikor az energia előállítás hatásfokát és a hálózati veszteségeket is tekintetbe veszik, a helyzet kevésbé egyértelmű. Ez a technika részletesebben le van írva a 3.2 pontban. Az oxy-tüzelőanyag tüzelésű olvasztás szintén kisebb energiafelhasználást eredményezhet, de ez is összetett, részletesebben a 3.4.2.5 pontban van kifejtve.

A tűzállóanyagok fejlődése az utóbbi pár évtizedben lehetővé tette a kemencék hosszabb üzemelését és magasabb szintű szigetelését. A kemence-felépítmény hőmérséklet korláta a múltban behatárolta a nagy szigetelést. Manapság, a szigetelést gondosan kell megtervezni a kemence egyes részének és az üzemelési feltételeknek (hőmérséklet, üvegtípus, stb.) megfelelően. A kemencének nem minden részét kell szigetelni. A kemence élettartam meghosszabbításáért az üvegszint vonalánál és az átfolyónak szigeteletlenül kell maradnia, és hűteni kell. Legtöbb üveggel érintkező és kemence felépítmény tűzállóanyag olvasztott, öntött vagy szinterelt króm-oxid anyagból van, amik nagyon sűrűek, mivel kis porozitásúak, és ellent tudnak állni a folyékony üvegnek, valamint a felépítményben keletkező párolgó vegyületeknek. Nagy hővezetési tényezőjük van, és általában igénylik a jó hőszigetelést, ami jelentős energia-megtakarításhoz vezet. Mész-nátronüveg-nél, a boltozat rendszerint szilícium-dioxid anyagból van, és vastagon szigetelt. Az oxy-tüzelőanyag tüzelésű kemencéknél, más anyagok alkalmazhatók (olvasztott öntött alumínium-oxid vagy alumínium- cirkónium-szilikát/AZS) azért, hogy ellenálljon a lehetséges alkáli gőzök hatásainak. A kemence boltozat hőmérséklet határértékei szilikára 1600–1620 °C, míg más boltozati anyag esetén, mint amilyen az ömlesztett öntött AZS, mullit vagy ömlesztett öntött korund az 1620 °C-nál magasabb hőmérsékletnek is ellenállhat. Bármilyen hőmérsékletnövekedés a kemencében szintén kedvezőtlenül hathat az NO_x és minden olyan anyag kibocsátására, ami a keverék illó komponenseiből származik.

További szigetelés alkalmazható a kemence bizonyos területein kis mértékű, szerkezet károsodási veszély mellett. Felszórt szálas szigetelőanyagokkal jelentősen csökkenthető a hővesztés, ha regenerátor felépítményhez alkalmazzák. Ez az egyszerű költség-hatékony technika képes akár 50%-kal csökkenteni a regenerátor strukturális hővesztéseit, és körülbelül 5% energia megtakarítást jelent. Szintén további előnyt jelent, hogy az anyag hatékonyan tömít minden repedést, rést a regenerátor szerkezetben, így csökkentve a hideg levegő bejutását és a meleg levegő kiszökését.

3.8.2 Tüzelésszabályozás és tüzelőanyag kiválasztás

[tm5 EEO, tm14 ETSU] [6, EEO 1995] [15, ETSU 1992]

A legutóbbi évtizedekben az üveg előállításához túlnyomórészt olaj tüzelőanyagot használtak, jóllehet a földgáz népszerűsége folyamatosan nő. Jelenleg, mindkét tüzelőanyag alkalmazása versenyképes. A földgáztüzelés kisebb SO_x kibocsátást eredményez, de általában nagyobb NO_x kibocsátással jár. Ez azért is van, mert a földgáztüzelés lángja kevésbé sugárzó és a gáztüzelésből eredő füstgázok hőkapacitása (per GJ égés) különbözik az olajtüzeléstől. Ez különböző hővesztéseket okoz még azonos füstgáz hőmérsékletnél is, és általában nagyobb energiafogyasztást, ami körülbelül 7-8%-al magasabb a földgáznál, mint a tüzelőolajnál. Azonban, ahogy a gáztüzeléssel kapcsolatos tapasztalatok nőnek, a teljesítmény szintek fokozatosan megközelítik azt, amit olajtüzeléssel már el lehet érni; noha, az olajtüzelés általában még mindig nagyobb energia hatékonyságot mutat. Földgázban a hidrogén/szén arány magasabb, és ennek használata csökkenti az összes CO₂ kibocsátást max. 25%-ig egy adott üvegkihozatalnál.

Az alacsony NO_x égők fejlesztései szintén energia megtakarítást eredményeznek. Az égéslevegő mennyiségét közel a sztöchiometrikus szintre csökkentve, kevesebb energia veszik el a füstgázzal. A tüzelési rendszerek fejlesztései, a hőátadási rendszer és az általános folyamatvezérlés az NO_x csökkentésére irányuló fejlesztések miatt, sok esetben a kemence üzemeltetés és hatékonyság fejlődéséhez is vezetnek.

Az energia hatékonyság és a kihozatali arány növelésére a múltban gyakran használták az égéslevegő oxigénnel való dúsítását. A csökkentett gázmennyiség és a magasabb égési hőmérséklet javítja az energia hatékonyságot, az NO_x szint lényegesen megnőhet, hacsak a technika nem része egy gondosan szabályzott, teljes, alacsony NO_x tüzelési rendszernek. Ennek a technikának a kizárólagos alkalmazása ezen környezetvédelmi okok miatt egyre kevésbé általános. Mégis az oxigéndúsítás gyakran alkalmazott ott, ahol a nitrogén el van választva a levegőtől (ónfürdőnél a float üveg gyártásban), és ezért az oxigénnel dúsított levegő felhasználható.

3.8.3 Üvegcserép felhasználás

[tm29 Infomil, tm14 ETSU] [30, Infomil 1998] [15, ETSU 1992]

Üvegcserép használata az üvegolvasztó kemencékben az energia felhasználást lényegesen csökkenti, és rendszerint bármilyen típusú kemencénél alkalmazható, vagyis a fosszilis tüzelőanyag tüzelésű, az oxy-tüzelőanyag tüzelésű és az elektromos fűtésű kemencéknél is. Az üvegipar legtöbb szektorában megszokott az összes saját cserép visszaforgatása. A fontos kivételek a folyamatos üvegetrost (ahol minőségi korlátok miatt nem lehet figyelembe venni ezt a lehetőséget) és a fritt gyártás (ahol olyan, mint cserép nem keletkezik). A közetgyapot gyártásban a szálazatlan és elhulló olvadék újra felhasználható, hacsak nincs brikettáló eljárás. Az alap saját cserépszint általában a keverék 10-25%-a szokott lenni.

A cserép kevesebb olvasztási energiát igényel, mint az alkotó alapanyagok, mert az üvegeképződéssel kapcsolatos endoterm kémiai reakciók már lejátszódtak, és a tömege is kevesebb 20%-al, mint a neki megfelelő keverékanyagok. Ezért a cseréparány növelése a keverékben lehetőség az energiamegtakarításra, és általánosságban megállapítható, hogy minden 10% cserépnövelés 2.5-3.0%-al csökkenti a kemence energiaszükségletét.

Az üvegcserép felhasználás általában jelentős költségcsökkentést hoz úgy az energia, mint az alapanyag igény csökkenése miatt. Viszont, az üvegcserép ára is jelentősen nő, és a beszerezhetősége is egyre nehezebbé válik, emiatt az üvegcserép alkalmazása nem mindig jár gazdasági előnnyel.

Meg kell különböztetnünk a saját cserepet (ami a gyártósori üvegből kerül visszaforgatásra) és az idegen cserepet (felhasználásból vagy egyéb külső ipari forrásból újrahasznosított). Az idegen cserép gyakran nem homogén, ami korlátozza a felhasználhatóságát. A minőségi követelmények gyakran korlátozzák a cserép alkalmazását a keverék összetételében a cserép szennyeződései miatt, amelyeket nehéz észlelni és eltávolítani. Ez kimondottan igaz a luxus csomagoló üveg (extra-fehér palackok vagy csomagoló üvegek a parfümökre és a kozmetikumokra), asztali áru, speciális üveg és síküveg termelésnél, ahol a követelmények korlátozhatják a gyártó által felhasználható idegen cserép mennyiségét. Viszont a csomagoló üveg szektor egyedülálló módon alkalmazza és használja ki az előnyt a palack újrahasznosítási (szelektív gyűjtési) rendszerből származó jelentős mennyiségű idegen cserépnek. Az üvegcserép újrahasznosítást az európai törvényhozás szabályozza, nevezetesen a 94/62/EC Európai Direktíva alapján, ami a csomagolási hulladékok újrahasznosítására

célokat tűz ki. Ezen dokumentum írásakor, kivéve, ahol speciális intézkedésekben állapodtak meg, a jelentős mennyiségű idegen üvegcserep felhasználása korlátozott a csomagoló üveg szektor és az ásványgyapot szektor egyes területein, különösen az üveggyapotnál. Habár a csomagoló üveg szektor a fő felhasználója az idegen cserépnek, a végtermék (extra-fehér palackok vagy csomagoló üvegek a parfümökre és a kozmetikumokra) vevő által igényelt magas minőségi követelményei nem mindig összeegyeztethetők a rendelkezésre álló cserép minőségével a szennyeződései miatt, ami a használatának csökkenését okozza a keverékben. A magas minőségi követelményű vagy a kevés idegen cseréphez hozzáférő (pl. síküveg) üvegszektorok szerződést köthetnek nagy felhasználókkal az általuk termelt hulladéküveg újrahasznosítására.

A csomagoló üveg gyártásban felhasznált idegen cserép aránya <20-tól a >90%-ig változik, az EU átlaga 50% körül van. Az újrafeldolgozás aránya erősen eltérő mértékű az egyes Tagállamokban, ami függ a felhasználás utáni üvegbegyűjtési anyagrendszertől.

A háztartási üveg szektorban, a minőségi szempontok általában megghiúsítják az idegen cserép felhasználását a folyamatban. A saját cserép felhasználást korlátozza a rendelkezésre álló, megfelelő minőségű és összetételű cserép mennyisége. Általában, a saját cserép átlagos mennyisége kb. 25% a mész-nátron termékekre, bár még 50% is lehetséges az árucikk típusától függően, és átlagosan 35%-ot alkalmaznak normálisan az ólomkristálynál.

A fehér csomagoló üveg gyártásához (színtelen üveg) csak nagyon kevés mennyiségű színes üvegcserepet lehet felhasználni, mert a színes üveg nem tehető színtelenné. Ezért a fő színenkénti üveg elkülönített gyűjtésével, vagy a kevert gyűjtésből való szín kiválasztással üzemelő visszaforgatási rendszer szükséges az újrahasznosítás maximalizálásához. Általában, az EU egészét tekintve, bőséges az ellátás a kevert színes, zöld és barna cserépből. Viszont a fehér csomagoló cserép ellátás kevésbé gyakori, és emiatt a színes üveget olvasztó kemencék magasabb cseréparánnyal működnek, főleg a zöld üveg gyártásánál, ahol a különböző színű üvegek keverékét lehet használni. Az állapotok jelentősen eltérnek a Tagállamok között a regionális különbségek miatt; mivel a termelés zöme fehérüveg, az Egyesült Királyságban is például ez probléma, amíg a cserépnek egy tekintélyes része színes, importból származó boros üvegből áll. Ebből következően, az EK-ban a kemence cseréparánya átlagosan alacsonyabb. (Magyarországon is hasonló helyzet van.)

A kemence üzemeltetés vonatkozásában, a magas cseréparány, más előnyökkel is járhat, mint például a kisebb részecske kibocsátás. A cserepet könnyebb előmelegíteni, mint a keveréket. A kemence termelése is jelentősen megnőhet, de van néhány hátránya a magas cseréparálynak a gyártó számára, mint például:

- a fémszennyeződések, például a palackkupakok vagy föliák a borospalackokról, komoly károkat okozhatnak a kemence tűzállóanyagaiban, és csökkenthetik a kemence élettartamát. A fémrészecskék lesüllyednek e kemencefenékre, ahol a "függőleges lyukkorrózió" jelensége játszódik le. A fémek vagy fémcseppek (főként az ólom), összegyűlve az olvasztó kemence tűzállóanyag fenéken belefűrődnek a fenék anyagába, lyukakat okoznak, felületi feszültség gradiens által elősegített tűzállóanyag kioldódás miatt, a fémcsepp közvetlen környezetében. A fém szennyeződés, az ólom kristály üveg és a redukáló vegyületek a cserépben hibákat okozhatnak az üvegben
- kerámia zárványok, például az agyag vagy cseréparúk, és az üvegkerámiák, amik nagyon lassan oldódnak fel az üveglvadékban, azok "kőként" vagy csomóként, gyakran opálos színben, jelentkeznek a termékben, ami selejthez vezet

- magas cseréparánynál, az összetétel szabályozása, és ezáltal az üvegolvadék fizikai tulajdonságai romolhatnak, amelyek a végtermék minőségi problémáihoz vezetnek. A változó szerves anyagtartalom (ételmaradékok, papírcímkék, műanyagok) főleg a kemence redox állapotában okozhatnak problémát, ami szín és tisztulási nehézségekhez vezet
- az alumíniumkupakok, fóliák, a kemencében olyan erős redukáló hatást fejtenek ki, hogy az SiO_2 -t fém szilíciummá (Si) redukálják. A fém szilícium az üvegben zárványokat (apró cseppeket) képez, és jelentősen rontja a kész üvegtermék szilárdságát, annak a feszültségnek következtében, ami az üveg és szilícium hőtágulási együtthatójának a különbségéből fakad.
- a cserépből származó szennyeződések levegőbe történő kibocsátásokhoz vezethetnek (ólom, fluorid és bór-vegyületek stb.)

A cserép felhasználásával ráadásul lényeges energia megtakarítás lehetséges, ami még számos egyéb fontos környezetvédelmi előnnyel is párosul. Nagymértékben csökken a CO_2 , SO_x , NO_x és a por kibocsátása, köszönhetően az alacsonyabb tüzelőanyag felhasználásnak és az alacsonyabb kemence hőmérsékletnek. Egyéb párolgó, illó anyagok kibocsátása szintén alacsonyabb lehet, a csökkentett hőmérsékletek miatt. Viszont az üvegcserépben lévő szennyeződések a HCl, HF és fémek, és az SO_x (ahol az üveget alacsony kéntartalommal gyártják) kibocsátásának növekedéséhez vezethetnek. Ez különösen lényeges olyan területeken, ahol magas a cserép újrahasznosítási arány, mert így a szennyeződések fel tudnak halmozódni a visszaforgatott anyagban. Sok üvegalapanyag valamilyen karbonát vagy szulfát, ami az olvasztás során CO_2 és SO_x kibocsátással jár.

A megnövelt cserépkalkalmazás csökkenti ezen alapanyagokból származó kibocsátást, és csökkenti az eredeti alapanyagok felhasználását.

3.8.4 Hulladékhő hasznosító kazán

Ennek a technikának az az elve, hogy a füstgázt közvetlenül átvezetik egy arra megfelelő csöves melegítőn, ahol gőz fejlődik. Ezt a gőzt fűtési célokra lehet használni (belső fűtés és tüzelőolaj tároló és csővezeték fűtése), vagy keresztül vezetik egy alkalmas gőzmotoron vagy turbinán, hogy elektromos áramfejlesztő berendezést vagy olyan gyári gépeket hajtson, mint a sűrített levegő kompresszor vagy az Önálló Szekciós (Individual Section – IS) gép ventilátor.

A regenerátorból/rekuperátorból bejövő gázok általában kb. 600 és 300 °C közötti tartományban vannak. A kilépő hőmérséklet meghatározza a felhasználható, visszanyerhető hőmennyiséget, amely max. kb. 200 °C-nál van, a kazánban bekövetkező kondenzáció veszélye miatt és, hogy biztosítsák a kémény jó működését. Kazáncsövek a kemence füstgázainak vannak kitéve, amelyek kicsapódott anyagokkal vonhatják be (pl. nátrium-szulfát, összetételtől függően), és ragadós és korrozív vegyületek (pl. nátrium-biszulfát) képződhetnek a hőmérséklet és füstgáz összetételétől függően, amelyek a csövek fémszerkezetével reagálhatnak. Ezért rendszeres időközönként meg kell tisztítani a kazán csöveit, hogy a kazán hővisszanyerő hatékonyságát tartani lehessen (az nem fontos, hogy a kazánok a porleválasztó készülékek után legyenek elhelyezve). Automatikus, helyszíni tisztítást gőzzel, mechanikus eszközzel vagy ismétlődő karbantartással lehet végezni.

A technika alkalmazhatóságát és gazdasági megvalósíthatóságát a teljes elérhető hatékonyság szabja meg (az előállított gőz hatékony felhasználását beleértve). Gyakorlatban, a hulladékhő hasznosító kazánok úgy tekintendők csak mint, amelyek a regenerátor/rekuperátor rendszerek

utáni maradék hőt nyerik vissza, és legkevesebb kettő példa említhető az oxigéntüzelésű kemencékre (lásd a 3.20 Táblázatot). Sok esetben, a visszanyerhető energia mennyisége alacsony a hatékony áramtermeléshez, és kiegészítő tüzelésre lehet szükség a túlhevített gőz előállításához, a turbinák meghajtásához. A magasabb füstgáz hőmérsékletű rekuperátoros kemencék, vagy ahol több kemencéből lehet a füstgázokat összegyűjteni, nagyobb lehetőséget nyújtanak az áramtermeléshez. A hulladékhő hasznosító kazánokat sok csomagoló üveg gyártó létesítményben iparilag alkalmazzák, de a legtöbb alkalmazása a float üveg kemencéknél van. Németországban, az összes float kemencénél és sok más tagországban is használatos a hulladékhő hasznosító kazán.

A beruházási költségek meghaladják az 1 millió EUR-t, változó megtérülési idővel, ami függ a teljesítménytől és a hatályos energiaáraktól. Az elsődleges energia hatékonyságra folyamatban lévő fejlesztések elkoptyatják a hulladékhő hasznosító kazánok költség hatékonyságát. Néhány esetben, nem túl vonzó megtérülési periódus fordulhat elő, de ez esetről-esetre változik. A 3R eljárás segít a meglévő hulladékhő hasznosító rendszereket hatékonyabbá tenni, és valószínűleg javítja a létesítményekre javasolt bármilyen új rendszer gazdasági teljesítményét. Azonban, ha bármilyen ok miatt a hulladékhő hasznosító kazán telepítése megfontolásra alkalmatlan vagy gazdasági szempontból nem vonzó, a 3R eljárás nem feltétlenül változtat ezen a helyzeten.

A 3.52 Táblázatban vannak feltüntetve minta létesítményekkel kapcsolatos olyan adatok, ahol hulladékhő hasznosító kazánokat (hőcserélők) alkalmaznak az üvegipar különböző szektoraiban.

Üveg típus	Csomagoló	Csomagoló	Sík	Float	Speciális	Speciális
Kemence típus	Oxy-tüzelés (2 kemence)	U-lángú, regeneratív	Keresztlángú, regeneratív	Keresztlángú, regeneratív	Oxy-tüzelés	Keresztlángú, regeneratív
Tüzelőanyag	Földgáz	Földgáz/tüzelőolaj	Tüzelőolaj	Földgáz/tüzelőolaj	Földgáz	Földgáz/tüzelőolaj
Kemence kapacitás	620 t/nap (teljes)	300 t/nap	350 t/nap	800 t/nap	40 t/nap	220 t/nap
Jelenlegi kihozatal	502 t/nap (teljes)	297 t/nap	259 t/nap	700 t/nap	40 t/nap	180 t/nap
Utolsó fő javítás	2000 - 1996	1997	2000	2002	2004	-
Elektromos pótfűtés	-	igen	igen	igen	igen	igen
Üveg típus	Barna-zöld	Barna	Fehér, bronz, sárga	Fehér	Üveg kerámia	Nem elérhető
Cserép	66% (átlagos)	72%	30%	35%	50%	25%
Hőcserélő típus	Csököteg	Csököteg	Csőregiszter	Csőregiszter	-	Csőregiszter
Beépítés helye	Zsákos szűrő előtt	ESP után	ESP előtt	ESP előtt	Zsákos szűrő előtt	ESP után
Hőhordozó	Víz/gőz	Víz/gőz	Víz/gőz	Víz/gőz	Víz/gőz	Víz/gőz
Energia hasznosítás felhasználása	Elektromos energia, sűrített levegő	Elektromos energia, ipari víz	Ipari víz, tüzelés, olaj előmelegítés	Ipari víz, elektromos energia, tüzelés	Ipari víz	Víz házi felhasználásra
Porcsökkentés	Online	Online	Online	Online	Nem elérhető	Nincs
Por elhelyezés	Keverékhez hozzáadva	Keverékhez hozzáadva	Speciális elhelyezés	Újrahasznosítás vagy speciális elhelyezés	Nem elérhető	Újrahasznosítás vagy speciális elhelyezés
Hőmérséklet különbség	180-tól 200 °C-ig	Kb. 150 °C	Kb. 200 °C	Nem elérhető	Nem elérhető	Nem elérhető
Energia hasznosítás mennyisége	6472 kWh/óra	1500 kWh/óra (becsült)	1500 kWh/óra	3000 kWh/óra	550 kWh/óra	1140 kWh/óra
Fajlagos hőhasznosítás	0.31 kWh/kg üveg	0.12 kWh/kg üveg(becsült)	0.14 kWh/kg üveg	0.10 kWh/kg üveg	0.33 kWh/kg üveg	0.15 kWh/kg üveg
Fajlagos energia felhasználás	4.20 GJ/t olvadt üveg (átlag)	4.21 GJ/t olvadt üveg	5.71 GJ/t olvadt üveg	5.20 GJ/t olvadt üveg	12.31 GJ/t olvadt üveg	16.44 GJ/t olvadt üveg
Beruházási/csere költségek ⁽¹⁾		1.67 millió EUR ⁽²⁾	0.5 millió EUR ⁽²⁾	1.0 millió EUR ⁽²⁾		
Amortizáció ideje		10 év	10 év	10 év		
Üzemeltetési költségek		33 500 EUR	60 000 EUR	70 000 EUR		
Éves amortizációs költségek		222 111 EUR	65 000 EUR	133 000 EUR		
Teljes éves költségek ⁽¹⁾		255 611 EUR	255 611 EUR	203 000 EUR		
Becsült költségek per t üveg		2.36 EUR/t üveg	1.34 EUR/t üveg	0.79 EUR/t üveg		

1. A költség adatok a levegő szennyezés szabályozó rendszer üzembe helyezésének az évére vonatkoznak, és nem jellemzik szükségszerűen a jelenlegi költségeket.
2. A hőcserélő beruházási költségei tartalmazzák a kiegészítő elemeket.

3.52 Táblázat: Hulladék hő kazán minta létesítmények az üvegipar különböző szektoraiban

[75, Germany-HVG Glass Industry report 2007]

3.8.5 Keverék és cserép előmelegítés

[tm29 Infomil] [30, Infomil 1998] [65, GEPVP-Proposals for GLS revision 2007]

Leírás

Általában, a keveréket és a cserepet hidegen adagolják a kemencébe, de a füstgázok maradék hőjét hasznosítva, a keverék és cserép előmelegítéssel jelentős energia megtakarítás érhető el. Ezt csak a fosszilis tüzelőanyag tüzelésű üvegolvasztó kemencéknél alkalmazzák. A kőzetgyapot iparban döntően kupolókemencéket használnak, aminek olyan a kialakítása, hogy lényegében előmelegíti az alapanyagokat.

Az előmelegítési hőmérséklet előnyös, ha nem alacsonyabb, mint 270 °C, de nem kellene túllépni vele a 500–550 °C-ot. Gyakorlatban, a legtöbb keverék és cserép előmelegítő 275 és 325 °C hőmérsékletek között üzemel.

A keverék/cserép előmelegítőket a Nienburg/Interprojekt (közvetlen előmelegítés), Zippe (közvetett előmelegítés) és a Sorg (közvetlen előmelegítés) fejlesztette ki és telepítette. Egy kombinált, direkt cserép előmelegítőt és elektrosztatikus porleválasztót fejlesztett ki és helyezett üzembe az Edmeston, jelenleg Praxair EGB cég. Egy új típusú rendszer jelenleg is fejlesztés alatt van az Egyesült Államokban kb. 1300 °C-os forró füstgáz hőmérsékletre, amely lehetővé teszi a keverék és cserép kb. 500 °C-ra történő felmelegítését.

Az elérhető rendszerek az alábbiak:

- közvetlen előmelegítés – ez a típusú előmelegítés azt jelenti, hogy ellenáramban, közvetlenül érintkezik a füstgáz és az alapanyag (cserép és keverék). A füstgáz az előmelegítőbe a regenerátort követően, a füstgáz csatornán keresztül jut be. Áthalad az előmelegítő belső terén, ezáltal közvetlenül érintkezik az alapanyaggal. A cserép külső hőmérséklete kb. 300 °C, és fel tud menni akár 400 °C-ig. A rendszerben kerülőút van kialakítva, ami akkor is lehetővé teszi a kemence üzemeltetését, amikor nem megfelelő vagy lehetetlen az előmelegítő működése. Közvetlen előmelegítőket a Nienburg/Interprojekt és a Sorg cégek fejlesztettek ki és helyeztek üzembe. Egy közvetlen cserép előmelegítő alkalmazásának minta létesítménye a 3.53 Táblázatban van ismertetve.
- közvetett előmelegítés – elvileg, a közvetett előmelegítő egy ellenáramú elven működő, lemezes hőcserélő, amelyben az anyag közvetett módon kerül felmelegítésre. Modulárisan van kialakítva, amely egymás felett elhelyezkedő, egyedi hőcserélő blokkokból áll. Ezek a blokkok vízszintesen a füstgázra, és függőlegesen az anyagcsatornákra vannak tovább osztva. Az anyagcsatornában, az anyag gravitációsan ereszkedik fentről lefelé. A csatorna áteresztőképességétől függően az anyag 1-3 m/h sebességet érhet el, miközben hőmérséklete a környezeti hőfokról kb. 300°C-ra növekszik. A füstgáz az előmelegítő alján lép be, és egy speciális hajlított csatorna segítségével áramlik a felső részbe. Az egyes modulokon a füstgáz vízszintesen áramlik át. Általában, a füstgáz a kb. 270-300°C-ra fog lehűlni. A közvetett cserép előmelegítőt a Zippe cég fejlesztette ki.
- Praxair EGB szűrő - az Edmeston elektromosan feltöltött szemcsés ágyazatú (Electrified Granulate Bed - EGB) szűrője egy hibrid (vegyes) rendszer egy elektrosztatikus porleválasztó és egy közvetett cserép előmelegítő rendszer között. A két különálló részből álló berendezés saját és idegen cserepet használ. Mindkét cserépáramot előmelegítik, de különböző módon. A saját cseréppel plusz a pirolízis egységben (első előmelegítő lépcső) előkezelt idegen cseréppel üzemelő egyetlen szekció szolgál az elektrosztatikus mezőben a füstgázban lévő por befogására. Jelenleg az európai

üvegiparban, ezt Praxair EGB cserép előmelegítőt nem alkalmaznak. Egy integrált cserép szűrőágy szekciót tartalmazó alkalmazás a Leone Glass-nál üzemel az USA-ban, egy oxy-gáztüzelésű fehér csomagoló üveget gyártó kemencén. Az oxy-gáz tüzelésű csomagoló üveg kemencéből származó füstgázok az idegen cserépet előmelegítőbe jutnak (1. lépcső). Az 1. előmelegítő lépcsőben lévő idegen cserépből származó szerves füstgázok pirolizálnak és összekeverednek a kemencéből származó második füstgáz árammal. A kombinált füstgáz áram belép az ionizáló kamrába, ahol a füstgázban jelenlévő porrészecskék feltöltődnek. A feltöltődött porrészecskéket tartalmazó forró füstgáz belép az elektródalemezekkel ellátott cserép előmelegítőbe (2. lépcső). Az előmelegítő folyamatosan fel van töltve a saját (tiszt) és az első előmelegítő lépcsőből származó idegen cseréppel. Az elektrosztatikus mező a feltöltött porrészecskéket üvegcserep felületén lecsapja. Az előmelegített cserép (400 °C-ig) a ráakódott porrészecskékkel együtt kerül beadagolására a kemencébe.

Elért környezetvédelmi előnyök

Ezeknek a technikáknak számos környezeti hatása van, amelyek esetről esetre változhatnak. Általában, a következő előnyöket tapasztalták:

- 10 és 20% közötti energia megtakarítás, és ennek következtében folyamatosan csökkenő CO₂ kibocsátások
- csökkenés az NO_x kibocsátásokban (a kisebb tüzelőanyag igény és az alacsonyabb kemence hőmérséklet miatt. Bár, a legtöbb esetben az energia megtakarítást a kemence kihozatal növelésére használják.
- közvetlen előmelegítés esetén, savas vegyületek csökkenése, 60%, 50% és 90%-ot találtak a füstgázok SO₂, HF és HCl sorrendjében (különbség a cserépagy előtt és után)
- 10-15%-os kihozatal növekedés lehetséges meglévő üvegkemencéknél való alkalmazásoknál, 300 °C -os keverék előmelegítéssel.
- szárazmosó szer igénycsökkenés vagy elmaradás

Környezeti elemek kereszthatások

A technika 10-15%-al képes megnövelni a kemence kapacitást anélkül, hogy a kemence élettartama módosulna. Ha a kihozatali arány nem növekszik, akkor lehetséges egy kis kemence élettartam növekedés. Minél több hőt viszünk be a kemencébe, a technika annál jobban csökkenti az elektromos pótfűtés igényét.

Néhány esetben, az előmelegítőnél szag képződési problémák merülnek fel, a cserép előszárítása alatt kijutó szerves párák miatt, a cserépben lévő szervesanyag tartalomtól függően. A problémákat az idegen cserépben lévő étel részecskék és más szervesanyagok kiégése és elpárolgása okozza. Ezen problémák megoldása (vagyis utóégető) fejlesztés alatt áll.

A közvetlen előmelegítés a részecske anyagok kibocsátás növekedését okozza (egészen 2000 mg/Nm³-ig), és másodlagos részecske csökkentés szükséges. Az összegyűjtött port egyszerűen vissza lehet adagolni a kemencébe.

A keverék és cserép előmelegítés rendkívül száraz keveréket eredményez, amely a finom komponensek kiporzását okozhatja, a keverék olvasztókemencébe való adagolásakor vagy amikor a füstgázok a keverékszőnyeg felett nagy sebességgel áramlanak, mielőtt a zsugorodás és az olvadás megtörténik.

A közvetlen előmelegítés karbantartást és tisztítást igényel a részecske anyagok megnövekedett kibocsátásai miatt, és ebből költségnövekedés következik.

Amikor a közvetlen előmelegítés elektrosztatikus porleválasztót igényel, ez elektromos energia felhasználással jár. Ez nem jelentősen, de részben csökkenti az energia megtakarítást.

Lehetséges, hogy a közvetlen előmelegítés esetleg dioxin kibocsátásokhoz vezethet főleg, ha a hulladék melegvégi bevonatból származó HCl gázokat tartalmaz. Tanulmányokat és méréseket alapul véve, nincs bizonyíték vonatkozó szintű dioxin képződésre a keverék előmelegítővel felszerelt kemencék füstgázaiban.

Üzemeltetési adatok

Azért, hogy a szállítási rendszer hőveszteségét a lehető legalacsonyabban tartsuk, az előmelegítőt a lehető legközelebb kell elhelyezni az adagolóhoz. Az ideális elhelyezés közvetlenül a keverék bunker fölött lenne. Gazdasági okokból az elérhető füstgáznak legalább 400-450 °C-nak kellene lennie. Továbbá, a füstgázoknak legkevesebb 200-250 °C-al kell lehűlniük. A füstgázok maximális belépési hőmérséklete azért nem lépheti túl a 600 °C-ot, hogy megelőzzük az anyag agglomerálódását.

Alkalmazhatóság

A cserép/keverék előmelegítő rendszereket elméletileg bármilyen 50%-nál nagyobb cseréparánnyal üzemelő olvasztókemencén üzembe lehet helyezni, bár speciális feltételek esetén és korlátozott időtartamra van egy létesítmény, ami egészen 30%-os cserép százalékkal üzemel. A kizárólagos keverék előmelegítés még problémákkal jár, és nem tekintik bevált technológiának. A keverék és cserép keverékének előmelegítése bonyolultabb a kizárólagos cserép előmelegítésénél. Ezen korlátozások miatt, a keverék és cserép előmelegítését szinte csak a csomagoló üveg szektorban valósították meg.

Gazdasági vonatkozások

A keverék/cserép előmelegítő gazdaságossága erősen függ a kemence és az előmelegítő kapacitásától. Egy indikatív példaként, a költségekre becslést végeztek egy közvetett előmelegítő alkalmazására a csomagoló üveg szektor két különböző példájára.

Az eredmények a következők:

- egy 350 t/nap keresztüzelésű regeneratív csomagoló üveg kemence közvetett előmelegítőjének pótlólagos beruházási költsége 2.5 millió EUR, belevéve a keverék adagoló gépek néhány adaptációját is. Az éves üzemeltetési költség megtakarítások kb. 820 000 EUR/év, feltételezve a tüzelőanyag árara a 9.4 EUR/GJ bruttó fűtőértéket. A kemence élettartama alatti költség megtakarításokat 3 EUR/t olvadt üveg értékre becsülik, a jelenlegi energiaárak alapján számolva.
- egy 450 t/nap kemence keverék/cserép előmelegítőjének az alkalmazása lehetővé teszi a kihozatal 450-ről 500 t/nap értékre való növelését és még energia megtakarítást is. A beruházási költségek 3-4 millió EUR, és a költség megtakarítások (500 t/nap kapacitásra alapozva) 1.1 millió EUR/év. Ebben az esetben a megtérülési idő három év. A teljes költség megtakarítások 5-6 EUR/t olvadt üveg értéknek felelnek meg, részben a kemence megnövekedett olvasztási kapacitásának köszönhetően, a szerkezet megnagyobbítási igénye nélkül.

- a kemencét követő berendezés és infrastruktúra beruházás azért lesz szükséges, hogy a kihozatal növekedést ellássák. A megnövelt gépkapacitással kapcsolatos költségek jelentősek lehetnek.

▪

Az írás időpontjában, a technológia alkalmazása még nem növekszik a viszonylag magas beruházási költségek, és néhány esetben, a hely korlátok miatt. Mindazonáltal, a helyzet régióról régóra változik és az energia árak és más változó tényezők (pl kibocsátási határok) miatt folyamatosan felülvizsgálat alatt van.

Egy fehér csomagoló üveget gyártó kemence közvetlen keverék előmelegítő alkalmazásának minta létesítménye a 3.53 Táblázatban van ismertetve.

Alkalmazási hajtóerő

Az üzembe helyezés fő hajtóereje az energia felhasználások csökkenése lenne, és ennek következtében CO₂ kibocsátás csökkentés. A kemence olvasztó kapacitásának növekedése (akár 10%-al vagy többel) szintén hajtóerőt jelenthet.

Üzemeltetési feltételek		
Kemence típus	kereszttüzelésű, regeneratív	
Tüzelőanyag	földgáz	
Kemence kapacitás	350 t/nap	
Jelenlegi kihozatal	275 t/nap	
Legutolsó fő javítás	2005 év	
Elektromos pótfűtés	igen	
Üveg típus	fehér	
Cserép	60%	
Fajlagos energia felhasználás	3.78 GJ/t üveg	
Szűrő típus	3 erőteres ESP	
Hőmérséklet szűrő előtt	200 °C	
Szűrőanyag	nincs	
Szűrőpor felhasználás a keverékben	100%	
Belső energia felhasználás	194 kWh/óra	
Szerviz időszak	Igény szerint	
Alapanyag előmelegítő típus	Közvetlen érintkezés a füstgázzal	
Porcsökkentés	nincs	
Füstgáz térfogat	17 000 m ³ /óra	
Füstgáz hőmérséklet	Kb. 450/200 °C	
Alapanyag hőmérséklet	Kb. 20/300 °C	
Újrahasznosított energia mennyiség	Kb. 900 kWh/óra	
	Szűrőrendszer, beleértve a kiegészítőket, csővezeték, ventilátort ⁽¹⁾	Alapanyag előmelegítő, beleértve a kiegészítőket ⁽¹⁾
Beruházási/csere költségek	1.5 millió EUR	1.0 millió EUR
Amortizációs időszak	10 év	12 év
Üzemeltetési költségek	12 000 EUR	10 000 EUR
Éves amortizációs költségek	199 500 EUR	113 333 EUR
Teljes éves költségek	319 500 EUR	123 333 EUR
Becsült költségek per t üveg	3.18 EUR/t üveg	1.23 EUR/t üveg
Kibocsátási szintek ⁽²⁾		
	(mg/Nm³, száraz gáz 8% O₂-nél)	kg/t üveg
Részecske anyag	23.8	0.037
NO _x	909	1.42
SO _x	386	0.60
HCl	4.8	0.0075
HF	3.0	0.0047
<i>Fémek</i>		
I osztály (Hg, Tl)	0.003	0.005x10 ⁻⁷
II osztály (Pb, Co, Ni, Se)	0.76	1.2x10 ⁻³
I osztály (Hg, Tl)	1.01	1.6x10 ⁻³
1. A költségadatok a levegő szennyezés szabályozó rendszer üzembe helyezésének évére vonatkoznak.		
2. A kibocsátási adatok a félórás átlag értékekre vonatkoznak.		

3.53 Táblázat: Csomagoló üveg kemence közvetlen cserép előmelegítő alkalmazásának minta létesítményei

[75, Germany-HVG Glass Industry report 2007]

Minta gyarak

Az összes keverék és cserép előmelegítési alkalmazás a csomagoló üveg szektorban van:

- közvetlen előmelegítés:
 - Ardagh Glass, Nienburg, Németország (három kemence)
 - Ardagh Glass, Neuenhagen, Németország
 - Wiegand Glas, Stein am Wald, Németország
 - Leone Industries, Bridgeton, New Jersey, USA (oxy-tüzelőanyag tüzelésű kemence)
- közvetett előmelegítés:
 - Ardagh Glass, Dongen, Hollandia

Referencia irodalom

[tm29 Infomil] [30, Infomil 1998] [65, GEPVP-Proposals for GLS revision 2007]
 [94, Beerkens - APC Evaluation 2008] [75, Germany-HVG Glass Industry report 2007]

3.9 KÖRNYEZETIRÁNYÍTÁSI RENDSZEREK

Leírás

Egy olyan szabályozott rendszer, amely bizonyítja a környezeti célokkal való megfelelést.

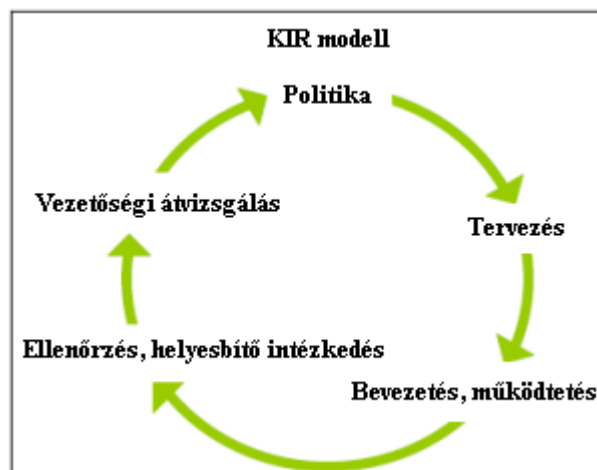
Műszaki leírás

A Direktíva meghatározza a „technika” fogalmát (az elérhető legjobb technika meghatározása alatt) a következőképpen: „a technika fogalmába beleértendő az alkalmazott technológia és módszer, amelynek alapján a berendezést (technológiát, létesítményt) tervezik, építik, karbantartják, üzemeltetik és működését megszüntetik, a környezet helyreállítását végzik”.

Ebben a tekintetben, egy környezetközpontú irányítási rendszer (KIR) az a technika, amely lehetővé teszi a létesítmények üzemeltetőinek, hogy a környezeti témákat rendszeres és bizonyított módon irányítsák. A környezetközpontú irányítási rendszerek akkor működnek a leghatásosabban és legcélszerűbben, ha az üzemeltetés és az átfogó irányítás elválaszthatatlan részét képezik.

Egy KIR az üzemeltető figyelmét a létesítmény környezeti teljesítményére irányítja; különösen a normális és a normálistól eltérő helyzetekre kialakított egyértelmű üzemeltetési eljárásokon át, továbbá a hozzárendelt felelőségek biztosításán keresztül.

Az összes hatékony KIR magába foglalja a folyamatos fejlesztés koncepcióját, tudatva, hogy a környezetirányítás egy folyamatban lévő tevékenység, nem pedig egy olyan projekt, amely egyszer majd véget ér. Különböző folyamat kialakítások vannak, de a legtöbb KIR a Tervezd meg – Hajtsd végre – Ellenőrizd le – Intézkedj (PDCA) cikluson alapul (amelyik a széles körben alkalmazott más vállalatirányítási rendszerekkel van összefüggésben). A ciklus egy ismétlődő dinamikus modell, ahol az egyik ciklus teljesítése átvezet a másik ciklus kezdetéhez (lásd a 3.9 Ábrán).



3.9 Ábra: Folyamatos fejlesztés a KIR modellben

Egy KIR lehet szabványosított vagy nem-szabványosított (“vevőre alkalmazott”) rendszer. A bevezetés, és valamely, nemzetközileg is elfogadott szabványosított rendszerhez, mint például az EN ISO 14001:2004 számú szabványhoz való ragaszkodás hitelesebbé képes tenni az KIR-t, különösen, ha azt egy megfelelő külső tanúsítás is alátámasztja. Az EMAS tovább növeli a megbízhatóságot a környezeti jogszabályok betartását elősegítő mechanizmus, valamint a környezetvédelmi nyilatkozat révén a nyilvánosság bevonása által. Mindazonáltal, a nem-szabványosított rendszerek elvben ugyanilyen hatékonyak lehetnek, feltéve, hogy megfelelőképpen tervezték meg őket és alkalmas módon történt a bevezetésük.

Miközben mind a szabványosított rendszerek (EN ISO 14001:2004⁽²⁾ és EMAS⁽³⁾), mind a nem-szabványosított rendszerek elvben a **szervezetet** tekintik egységnek, addig e dokumentum esetében megengedett a szűkebb értelmezést használni, melybe nem tartozik bele a szervezet összes tevékenysége, például a termékeikre és a szolgáltatásaikra tekintettel amiatt, hogy a szabályozott egység a Direktíva értelmében a **létesítmények/üzemek**.

Egy KIR a következő elemeket tartalmazhatja:

1. a vezetés elkötelezettségét, beleértve a felső vezetés elkötelezettségét;
2. a környezeti politika meghatározását a vezetés által, amely tartalmazza a folyamatos fejlesztést a létesítményre;
3. a szükséges eljárások, célok és előírányzatok megtervezését és kialakítását, a pénzügyi tervezéssel és beruházással kapcsolatban;
4. az eljárások bevezetését, különös figyelemmel a:
 - (a) szervezeti felépítésre és felelősségre
 - (b) felkészültségre, képzésre és tudatosságra
 - (c) kommunikációra
 - (d) munkavállalók bevonására
 - (e) dokumentálásra
 - (f) hatékony folyamat-szabályozásra
 - (g) karbantartási programokra
 - (h) felkészülés a vészhelyzetekre és a megfelelő válaszok kialakítására
 - (i) környezeti jogi szabályozásnak való megfelelés biztosítására;
5. teljesítmény ellenőrzését és megfelelő helyesbítő tevékenységek megtételét, különös tekintettel a:

² Környezetközpontú irányítási rendszerek

³ Közösségi környezetvédelmi vezetési és hitelesítési rendszer

- (a) nyomon követésre és mérésre (lásd a Nyomon követés Általános Elvei referencia dokumentumot) [122, EC 2003].
 - (b) helyesbítő és megelőző tevékenységekre
 - (c) feljegyzések megőrzésére
 - (d) független (ahol lehet) belső és külső auditálásra annak érdekében, hogy meghatározzák, a környezetirányítási rendszer megfelel-e vagy sem a tervezett intézkedéseknek, és megfelelő volt-e a bevezetés és a fenntartás.
- 6. a KIR átvizsgálását, ennek folyamatos alkalmasságát, megfelelőségét és eredményességét a felső vezetés részéről;
 - 7. rendszeres környezetvédelmi nyilatkozat elkészítését;
 - 8. tanúsító szervezet vagy egy külső KIR hitelesítő általi érvényesítését (validálását);
 - 9. tisztább technológiák fejlesztésének követését;
 - 10. a tevékenység megszüntetéséből származó környezeti hatásoknak a figyelembe vételét már az új üzem tervezésekor, és annak üzemelési idején keresztül;
 - 11. rendszeres szektoriális referenciaértékelés alkalmazása.

Elért környezetvédelmi előnyök

A KIR általában elősegíti és támogatja a létesítmény környezeti teljesítményének folyamatos tökéletesítését. Ha a létesítmény jó környezeti teljesítménnyel rendelkezik, akkor a rendszer segít az üzemeltetőnek a magas teljesítményszint megőrzésében, fenntartásában.

Környezeti teljesítmény és üzemeltetési adatok

Az összes jelentős felhasználást (az energiát is beleértve) és kibocsátást az üzemeltető rövid, közép és hosszútávra koordinált módon irányítja, a pénzügyi tervezéssel és a befektetési ciklusokkal kapcsolatban. Ez azt jelenti, hogy például a kibocsátásokhoz illesztett rövid távú sorvégi megoldások hosszú távú, magasabb energia felhasználáshoz köthetik az üzemeltetőt, és elhalasztják az összességében nagyobb környezetvédelmi előnyökkel járó megoldások fejlesztési lehetőségét. Ez a környezeti elemek kereszthatások témái számos megfontolását igényli, és a Gazdasági és környezeti elemek kereszthatások referencia dokumentumban [156, EC 2006] és az Energia hatékonyság BREF-ben [124, EC 2008] ezekről útmutatás van megadva, valamint a költségről és a költség-haszon témákról is.

Környezeti elemek kereszthatások

Nincs közzé téve. A kezdeti környezeti hatások rendszeres elemzése és a KIR-el kapcsolatos fejlesztés célja lefektetni az alapját annak a megítélésére, hogy melyik a legjobb megoldás valamennyi környezeti hírközlő eszköz részére.

Az alkalmazásra vonatkozó műszaki megfontolások

A fent leírt elemeket lehet jellemzően alkalmazni az összes létesítménynél ezen dokumentum alkalmazási területén belül. A KIR alkalmazási területe (pl. részletezés szintje) és a természete (pl. szabványosított vagy nem-szabványosított) függ a létesítmény természetétől, méretétől és komplexitásától, és attól, hogy mekkora környezeti hatás területtel rendelkezik.

Egy KIR, ISO 14001 szabvány szerinti bevezetése az üvegipar számos létesítményénél igazolta, hogy jó eszköz a vállalati útmutatók meghatározásában a következőkre:

- kijelöli az összes alkalmazott számára azt az irányt, hogy a munkájuk során mire koncentrálnak;
- kialakít egy olyan szervezetet, ahol minden munkakörnek a feladatai és felelősségei egyértelműen meg vannak határozva;
- leírja a gyártási folyamatokat, hogy mindenki eszerint tevékenykedjen;

- egy ellenőrzési rendszert alkalmaz a hibák és a rendellenességek észlelésére és megbízható helyesbítésére, bevezet egy rendszert, hogy a gyár teljesítményét növeljék a kijelölt és megvalósított speciális célok által.

Gazdasági vonatkozások

Nehéz pontosan meghatározni egy jó KIR bevezetésének és fenntartásának költség és gazdasági előnyeit. Vannak olyan gazdasági előnyök is, amelyek a KIR alkalmazásának eredményei és ezek szektorról szektorra rendkívül változóak.

A rendszer tanúsításával kapcsolatos külső költségeket a Nemzetközi Akkreditációs Fórum [182, IAF 2010] által kibocsátott útmutatóból lehet megbecsülni

Alkalmazási hajtóerő

Egy KIR bevezetésének hajtóereje magába foglalja:

- környezeti teljesítmény javulást
- javulást a vállalat azon környezeti tényezőinek betekintésébe, amelyeket a vevők, szabályozó hatóságok, bankok, biztosító társaságok vagy más érintettek (pl. a létesítmény szomszédságában élő és dolgozó emberek) a környezeti követelményeinek teljesítéséhez alkalmazhatnak
- megalapozottabb a döntéshozatal
- jobban motiválhatók a dolgozók (pl. a vezetők bízhatnak abban, hogy a környezeti tényezők ellenőrzöttek és az alkalmazottak érezhetik, hogy egy környezetileg felelős vállalatnál dolgoznak)
- további lehetőségek nyílnak a üzemeltetési költségek csökkentésére és a termék minőségének javítására
- javul a cégről kialakult kép, az imázs
- csökkennek a felelősségi, biztosítási és a meg nem feleléssel kapcsolatos költségek.

Minta gyárak

EU szerte számos létesítmény alkalmazza a KIR-t.

Példaként, az AGC Flat Glass Europe-hoz, a Pilkington/NSG-hez és a Saint-Gobain-hez tartozó összes float üzem tanúsított vagy van tanúsítványa az ISO 14001 szerint. Ezek a vállalatok a világszerte tevékenységeket folytató, nagy nemzetközi vállalatok részei és ezért a nemzetközi ISO 14001 szabványt választották inkább, mint az EMAS-t, amely specifikusan európai.

A csomagoló üveget, folytonos üvegrostot, ásványgyapotot, üveg frittet, stb. gyártó más európai létesítmények ISO 14001 szerint tanúsítottak vagy az EMAS alapján regisztráltak (pl. Rockwool Denmark, OCV, Saint-Gobain ISOVER, Saint-Gobain Mondego, stb.).

Referencia irodalom

EMAS Regulation (EC) No 1221/2009 [181, Reg. 1221/ 2009].

DG Environment EMAS website [180, DG Environment 2010].

EN ISO 14001: 2004 [179, ISO 2004].

4 ÜVEGGYÁRTÁSRA VONATKOZÓ BAT-KÖVETKEZTETÉSEK

HATÁLY

Ezek a BAT-következtetések a 2010/75/EU irányelv I. mellékletében meghatározott ipari tevékenységekre, nevezetesen az alábbiakra vonatkoznak:

- 3.3. Üvegyártás, beleértve az üvegszálat is, 20 tonna/nap olvasztási kapacitás felett;
- 3.4. Ásványi anyagok olvasztása, beleértve az ásványi szálat is, 20 tonna/nap olvasztási kapacitás felett.

Ezek a BAT-következtetések nem terjednek ki az alábbi tevékenységekre:

- a nagy mennyiségű szerves vegyi anyagok - szilárd anyagok és mások - iparágára vonatkozó referenciadokumentum (LVIC-S) hatálya alá tartozó vízüvegyártás,
- polikristályos gyapotgyártás
- a szerves oldószeres felületkezelésre vonatkozó referenciadokumentum (STS) hatálya alá tartozó tükörgyártás

Az ezen BAT-következtetések hatálya alá tartozó tevékenységek szempontjából lényeges egyéb referenciadokumentumok a következők:

Referenciadokumentum	Tevékenység
Tárolásból származó kibocsátások (EFS)	Alapanyagok tárolása és kezelése
Energiahatékonyság (ENE)	Általános energiahatékonyság
Gazdasági és környezeti elemek keresztthatások (ECM)	A technikák gazdasági és környezeti elemek keresztthatásai
A nyomon követés általános elvei (MON)	A kibocsátások és a fogyasztás nyomon követése

Az ezen BAT-következtetésekben felsorolt és részletezett technikák nem előíró jellegűek, és teljes körűnek sem tekinthetők.

FOGALOM MEGHATÁROZÁSOK

Ezen BAT-következtetések céljából az alábbi meghatározásokat kell alkalmazni:

Fogalom	Fogalom meghatározás
Új üzem	A létesítmény területén ezen BAT-következtetések közzétételét követően létesített üzem, vagy egy üzem ezen BAT-következtetések közzétételét követően a létesítmény meglévő alapjain történő, teljes körű cseréje.
Meglévő üzem	Üzem, amely nem egy új üzem
Új kemence	A létesítmény területén ezen BAT-következtetések közzétételét követően létesített, vagy ezen BAT-következtetések közzétételét követően teljesen átépített kemence.
Rendes kemenceátépítés	Két kemencekampány közötti átépítés, amely nem jár a kemencével szemben támasztott követelmények vagy a technológia jelentős megváltozásával, és amelynek során a kemence keretvázát nem módosítják jelentős mértékben, továbbá a kemence méretei alapvetően változatlanok maradnak. A kemence tűzálló anyagát és – adott esetben – a regenerátorokat azok anyagának teljes vagy részleges cseréje útján kijavítják.
Teljes kemence átépítés	A kemencével szemben támasztott követelmények vagy a technológia jelentős megváltozásával, valamint a kemence és az ahhoz tartozó berendezések jelentős módosításával vagy cseréjével járó átépítés.

ÁLTALÁNOS MEGFONTOLÁSOK

Levegőbe történő kibocsátások átlagolási időszakai és referencia feltételei

Eltérő rendelkezés hiányában az ezen BAT-következtetésekben szereplő, a levegőbe történő kibocsátások tekintetében elérhető legjobb technikához kapcsolódó kibocsátási szintek (BAT-AEL) az 1. táblázatban feltüntetett referenciafeltételek mellett érvényesek. A füstgáz koncentrációira vonatkozó valamennyi érték normál körülmények között értendő: száraz gáz, 273,15 K hőmérséklet, 101,3 kPa nyomás.

Szakaszos mérések esetén	A BAT-AEL értékek három, egyenként legalább 30 perces időtartam alatt szűrőpróbaszerűen vett minta átlagértékei, regeneratív kemencék esetén a mérési időtartamnak ki kell terjednie a regenerátorkamrák legalább két tüzelésváltására.
Folyamatos mérések esetén	A BAT-AEL értékek napi átlagértékek.

4.1 Táblázat: A levegőbe történő kibocsátásokra vonatkozó BAT-AEL értékek referenciafeltételei

Tevékenység		Mértékegység	Referenciafeltételek
Olvasztási tevékenységek	Hagyományos olvasztókemence folyamatos olvasztókban	mg/Nm ³	8 térfogat% oxigén
	Hagyományos olvasztókemence szakaszos olvasztókban	mg/Nm ³	13 térfogat% oxigén
	Oxigén-tüzelőanyag-tüzelésű kemencék	kg/tonna olvadt üveg	A mg/Nm ³ -ben mért kibocsátási szintek referencia-oxigénkoncentrációra vonatkozóan történő kifejezése nem alkalmazható.
	Elektromos kemencék	mg/Nm ³ vagy kg/tonna olvadt üveg	A mg/Nm ³ -ben mért kibocsátási szintek referencia-oxigénkoncentrációra vonatkozóan történő kifejezése nem alkalmazható.
	Fritt olvasztó kemencék	mg/Nm ³ vagy kg/tonna olvadt fritt	A koncentrációk 15 térfogat% oxigénre vonatkoznak. Levegő-gáz-tüzelés esetén kibocsátási koncentrációban (mg/Nm ³) kifejezett BAT-AEL értékek alkalmazandók. Oxigén-tüzelőanyag-tüzelés kizárólagos alkalmazása esetén kibocsátott fajlagos tömegben (kg/tonna olvadt fritt) kifejezett BAT-AEL értékek alkalmazandók. Oxigénnel dúsított levegő-tüzelőanyag-tüzelés esetén vagy kibocsátási koncentrációban (mg/Nm ³), vagy kibocsátott fajlagos tömegben (kg/tonna olvasztott fritt) kifejezett BAT-AEL értékek alkalmazandók.
	Minden kemencetípus	kg/tonna olvadt üveg	A fajlagos tömeg kibocsátások egy tonna olvadt üvegre vonatkoznak
Nem olvasztási tevékenységek, beleértve a további folyamatokat is	Minden folyamat	mg/Nm ³	Nincs oxigénre vonatkozó korrekció.
	Minden folyamat	kg/tonna üveg	A fajlagos tömeg kibocsátások egy tonna olvadt üvegre vonatkoznak

Referencia-oxigénkoncentrációra való átváltás

A kibocsátási koncentráció egy adott referencia-oxigénszintre (lásd 4.1 táblázat) történő kiszámítása az alábbi képlet segítségével történik:

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} \times E_M$$

ahol:

E_R (mg/Nm³): az O_R referencia-oxigénszintre korrigált kibocsátási koncentráció,

O_R (térf.%): referencia-oxigénszint,

E_M (mg/Nm³): az O_M mért oxigénszintre vonatkoztatott kibocsátási koncentráció,

O_M (térf.%): mért oxigénszint.

Koncentrációról fajlagos tömeg kibocsátásokra való átváltás

Az 4.2–4.9. pontban fajlagos tömeg kibocsátásokban (kg/tonna olvasztott üveg) megadott BAT-AEL értékek a lentebb ismertetett számítási módszeren alapulnak, kivéve az oxigén-tüzelőanyag-tüzelésű kemencék, valamint – korlátozott számú esetben – elektromos olvasztás alkalmazásakor, amely esetekben a kg/tonna olvadt üvegben megadott BAT-AEL értékek konkrét, jelentett adatokon alapulnak.

A koncentrációról fajlagos tömeg kibocsátásokra való átváltás az alábbi számítási módszer alapján történik:

Fajlagos tömeg kibocsátás (kg/tonna olvadt üveg) = átváltási tényező $\times$ kibocsátási koncentráció (mg/Nm³)

ahol: átváltási tényező = $(Q/P) \times 10^{-6}$

és Q = füstgáz térfogat Nm³/óra értékben

P = kihozatali arány tonna olvadt üveg/óra értékben

A füstgáz-térfogatot (Q) a fajlagos energiafelhasználás, a tüzelőanyag típusa, valamint az oxidálószer (levegő, oxigénnel dúsított levegő, a gyártási folyamattól függő tisztaságú oxigén) határozza meg. Az energiafelhasználás (elsősorban) a kemence típusának, az üveg fajtájának, valamint az üvegcserép százalékos arányának komplex függvénye.

Számos tényező befolyásolhatja azonban a koncentráció és a fajlagos tömegáram közötti kapcsolatot, így például:

- a kemence típusa (az előmelegítő levegő hőmérséklete, olvasztási technika),
- a gyártott üveg fajtája (az olvasztás energiaigénye),
- az energiaforrások részaránya (fosszilis tüzelőanyagok/elektromos pótfűtés),
- a fosszilis tüzelőanyag típusa (tüzelőolaj, földgáz),
- az oxidálószer típusa (oxigén, levegő, oxigénnel dúsított levegő),
- az üvegcserép százalékos aránya,
- a keverék összetétele,
- a kemence kora,
- a kemence mérete.

A BAT-AEL értékek koncentrációról fajlagos tömeg kibocsátásokká való átváltása a 4.2 táblázatban szereplő átváltási tényezők felhasználásával történt.

Az átváltási tényezőket energiahatékony kemencék alapján határozták meg, és azok kizárólag teljes egészében levegő/tüzelőanyag-tüzelésű kemencékre vonatkoznak.

4.2 Táblázat: A mg/Nm³-ről kg/tonna olvadt üvegre történő átváltáshoz használt, energiahatékony, tüzelőanyag-levegő kemencéken alapuló indikatív tényezők

Szektorok		mg/Nm ³ -ről kg/tonna olvadt üveg értékre történő átváltáshoz használt tényezők
Síküveg		$2,5 \times 10^{-3}$
Csomagolóüveg	Általános eset	$1,5 \times 10^{-3}$
	Speciális esetek ⁽¹⁾	Eseti tanulmány (gyakran $3,0 \times 10^{-3}$)
Folyamatos üveg rost		$4,5 \times 10^{-3}$
Háztartási üveg	Mész-nátron	$2,5 \times 10^{-3}$
	Speciális esetek ⁽²⁾	Eseti tanulmány ($2,5$ és $>10 \times 10^{-3}$ között, gyakran $3,0 \times 10^{-3}$)
Ásványgyapot	Üveggyapot	2×10^{-3}
	Kőzetgyapot kupoló	$2,5 \times 10^{-3}$
Speciális üveg	TV-üveg (képcsövek)	3×10^{-3}
	TV-üveg (tölcsérek)	$2,5 \times 10^{-3}$
	Boroszilikát (cső)	4×10^{-3}
	Üvegkerámiák	$6,5 \times 10^{-3}$
	Világítási üveg (mész-nátron)	$2,5 \times 10^{-3}$
Frittek		Eseti tanulmány ($5-7,5 \times 10^{-3}$)

⁽¹⁾ A speciális esetek kevésbé kedvező eseteknek (vagyis 100 tonna/nap gyártási kapacitást el nem érő és 30%-nál alacsonyabb üvegcserep-arányú, kisméretű, különleges kemencék használatának) felelnek meg. Ez a kategória a csomagolóüveg-gyártásnak mindössze 1–2%-át képviseli.

⁽²⁾ A speciális esetek esetek kevésbé kedvező eseteknek és/vagy nem mésznátron üvegek előállításának felelnek meg: boroszilikát, üvegkerámia, kristályüveg és – ritkábban – ólomkristály-üveg.

Bizonyos légszennyező anyagokra vonatkozó fogalom meghatározások

Ezen BAT-következtetések, valamint az 4.2–4.9 szakaszban ismertetett BAT-AEL értékek alkalmazásában az alábbi meghatározásokat kell alkalmazni:

NO ₂ -ben kifejezett NO _x	A nitrogén-oxid (NO) és a nitrogén-dioxid (NO ₂) mennyiségének NO ₂ -ben kifejezett összege.
SO ₂ -ben kifejezett SO _x	A kén-dioxid (SO ₂) és a kén-trioxid (SO ₃) mennyiségének SO ₂ -ben kifejezett összege.
HCl-ben kifejezett hidrogén-klorid	Az összes gáznemű klorid HCl-ben kifejezve.
HF-ben kifejezett hidrogén-fluorid	Az összes gáznemű fluorid HF-ben kifejezve.

Szennyvíz-kibocsátási időszakok átlagának számítása

Eltérő rendelkezés hiányában az ezen BAT-következtetésekben szereplő, a szennyvízkibocsátás tekintetében elérhető legjobb technikához kapcsolódó kibocsátási szintek (BAT-AEL) egy 2 vagy 24 órás időtartam folyamán vett, vegyes minta átlagértékét jelentik.

4.1 ÁLTALÁNOS BAT KÖVETKEZTETÉSEK ÜVEGGYÁRTÁSRA

Eltérő rendelkezés hiányában az e pontban ismertetett következtetések minden létesítményre alkalmazhatók.

A 4.2 – 4.9 pontokban foglalt speciális folyamatra vonatkozó BAT technikákat az e pontban említett, általános BAT technikák mellett kell alkalmazni.

4.1.1 Környezetirányítási rendszerek

1. Az elérhető legjobb technika (BAT) egy olyan környezetvédelmi irányítási rendszer (KIR) bevezetése és az annak megfelelő működés, ami a következő jellegzetességeket foglalja magában:

- i. a vezetés elkötelezettsége, beleértve a felső vezetését is;
- ii. környezeti politika meghatározása a vezetés által, amely magába foglalja létesítmény folyamatos fejlesztését;
- iii. a szükséges eljárások, a pénzügyi tervezéssel és fejlesztéssel kapcsolatos célok és feladatok megtervezése és kialakítása;
- iv. az eljárások megvalósítása, különös tekintettel az alábbiakra:
 - (a) szervezeti felépítés és felelősség,
 - (b) képzés, tudatosság és kompetencia,
 - (c) kommunikáció,
 - (d) munkavállalók bevonása,
 - (e) dokumentálás,
 - (f) hatékony folyamatirányítás,
 - (g) karbantartási programok,
 - (h) készség és reagálás vészhelyzet esetén,
 - (i) a környezetvédelmi jogszabályoknak való megfelelés biztosítása.
- v. a teljesítmény ellenőrzése és korrekciós intézkedések megtétele, különös tekintettel a következőkre:
 - (a) nyomonkövetés és mérés (lásd még a nyomonkövetés általános elveire vonatkozó referenciadokumentumot),
 - (b) korrekciós és megelőző jellegű intézkedések,
 - (c) nyilvántartások vezetése,
 - (d) (ahol lehet) független belső auditálás annak érdekében, hogy meghatározzák, a környezetvédelmi irányítási rendszer megfelel-e vagy nem felel meg a tervezett tevékenységeknek és értékeknek, és megfelelő volt-e a bevezetés és a karbantartás.
- vi. a környezetiirányítási rendszernek , valamint folyamatos megfelelőségének, alkalmazásának és hatékonyságának a felső vezetés általi felülvizsgálata;
- vii. a tisztább technológiák fejlődésének nyomon követése;
- viii. létesítmény végső üzemén kívül helyezése környezeti hatásainak figyelembe vétele új üzem tervezésekor, valamint annak teljes élettartama során;
- ix. szektor referenciaértékelés rendszeres alkalmazása.

Alkalmazhatóság

A környezetirányítási rendszer hatálya (pl. részletessége) és jellege (pl. szabványosított vagy nem szabványosított) általában a létesítmény jellegével, méretével és összetettségével, valamint lehetséges környezeti hatásainak körével függ össze.

4.1.2 Energiahatékonyság

2. Elérhető legjobb technika a fajlagos energia felhasználás csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika	Alkalmazhatóság
i. Üzemeltetési paraméterek ellenőrzése révén megvalósított folyamatoptimalizálás	Általánosan alkalmazható technikák
ii. Az olvasztó kemence rendszeres karbantartása (lásd a 3.2.2 pontot)	
iii. A kemence kialakításának, valamint az olvasztási technika kiválasztásának optimalizálása (lásd a 3.8.1 pontot)	Új üzemek esetén alkalmazható. Meglévő üzemek esetén végrehajtásához a kemence teljes átépítése szükséges.
iv. Tüzelés szabályozó technikák alkalmazása (lásd a 3.8.2 pontot)	Tüzelőanyag-levegő- és oxigén-tüzelőanyag-tüzelésű kemencékre alkalmazható.
v. Cserépszint növelése, ahol elérhető és gazdaságilag és műszakilag megvalósítható (lásd a 3.8.3 pontot)	Nem alkalmazható a folytonos üvegrost, a magas hőmérsékletű szigetelő gyapot és fritt szektorokban
vi. Hulladékó-hasznosító kazán alkalmazása energia visszanyerésre, amennyiben műszakilag és gazdaságilag megvalósítható (lásd a 3.8.4 pontot)	Tüzelőanyag-levegő- és oxigén-tüzelőanyag-tüzelésű kemencékre alkalmazható. A technika alkalmazhatóságát és gazdasági megvalósíthatóságát az által elérhető teljes hatékonyság határozza meg, beleértve a termelt gőz hatékony hasznosítását.
vii. Keverék és cserép előmelegítés, amennyiben műszakilag és gazdaságilag megvalósítható (lásd a 3.8.5 pontot)	Tüzelőanyag-levegő- és oxigén-tüzelőanyag-tüzelésű kemencékre alkalmazható. Alkalmazhatósága általában az 50%-nál nagyobb arányú cserepet tartalmazó keverékekre korlátozódik.

4.1.3 Anyagok tárolása és kezelése

Az anyagok raktározása és kezeléséből származó diffúz porkibocsátásokkal kapcsolatos általános és szektor specifikus megfontolások a 3.3 pontban vannak megadva.

3. Elérhető legjobb technika a szilárd anyagok tárolásából és kezeléséből származó diffúz porkibocsátás az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazásával történő megelőzése vagy – amennyiben ez nem kivitelezhető – csökkentése:

- I. Alapanyagok tárolása
 - ii. Ömlesztett, por anyagok tárolása porleválasztó rendszerrel (pl. szövet szűrővel) felszerelt, zárt silókban való tárolása
 - iii. Finomszemcsés anyagok zárt tartályokban vagy jól záró zsákokban való tárolása
 - iv. Durvaszemcsés, porlékony anyagok készleteinek letakart tárolása
 - v. Úttisztító járművek és víznedvesítési technikák alkalmazása

II. Alapanyagok kezelése

Technika	Alkalmazhatóság
i. Föld felett szállított anyagok esetén zárt szállító berendezések használata az anyagvesztés megakadályozása érdekében	Általánosan alkalmazható technikák.
ii. Ahol pneumatikus szállítást használnak, olyan zárt rendszer alkalmazása, amelyet szűrővel láttak el a szállító levegő kiengedése előtti tisztításra	
iii. Keverék nedvesítése	E technika alkalmazásának korlátot szab a kemence energiahatékonyságára gyakorolt kedvezőtlen hatása. Korlátozások vonatkozhatnak bizonyos keverék összetételekre, különösen a boroszilikát üveg előállításánál
iv. Enyhén negatív tényomás alkalmazása a kemencében	A kemence energiahatékonyságára gyakorolt kedvezőtlen hatása miatt kizárólag akkor alkalmazható, ha az üzemeltetés természetes velejárója (azaz fritt előállítására használt olvasztókemencék esetén).
v. Aprózódási jelenségeket nem okozó alapanyagok (elsősorban dolomit és mészkő) használata. Ezeket a jelenségek bizonyos ásványok hő hatására történő „szétpattogzása” okozza, ami a kibocsátott por mennyiségének növekedésével járhat	Az alapanyagok elérhetősége által szabott korlátok között alkalmazható
vi. Szűrőrendszerre csatlakozó elszívó alkalmazása olyan folyamatok esetén, amelyek során nagy valószínűséggel keletkezik por (pl. zsákbontás, frittkeverék keverése, por eltávolítása a szövetszűrőről, hideg boltozatú olvasztó kemencék)	Általánosan alkalmazható technikák
vii. Zárt adagolócsigák használata	
viii. Adagoló garatok zárttá tétele	Általánosan alkalmazható. A berendezés károsodásának megakadályozása érdekében hűtést igényelhet.

4. Elérhető legjobb technika az illékony alapanyagok tárolásából és kezeléséből szétterjedő gázkibocsátások megelőzésére, vagy – amennyiben ez nem kivitelezhető - csökkentésére, az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása (lásd 3.3 pont):

- Napsugárzás hatására bekövetkező hőmérsékletváltozásnak kitett, ömlesztve tárolt anyagok tartályainak alacsony napfényelnyelési képességű festékkel történő festése,
- Hőmérsékletszabályozás az illékony alapanyagok a tárolás során,
- Tartályok szigetelése a illékony alapanyag tárolás során,
- Készletgazdálkodás,
- Úszófedeles tartályok használata az illékony kőolajtermékek nagy mennyiségekben történő tárolása során,

- vi. Gőzviszavezető rendszerek alkalmazása az illékony folyadékok (pl. a tartálykocsitól a tárolótartályig való) szállítása során,
- vii. Belső tömlőzárású tartályok alkalmazása a folyékony alapanyagok tárolása során,
- viii. Nyomás/vákuumszelepek alkalmazása a nyomásingadozásnak ellenálló kialakítású tartályokon,
- ix. Kibocsátás-kezelési technikák (pl. adszorpció, abszorpció, kondenzáció) alkalmazása a veszélyes anyagok tárolása során,
- x. Felszín alatti töltés alkalmazása a habosodásra hajlamos folyadékok tárolása során.

4.1.4 Általános elsődleges technikák

Az olvasztási folyamatból származó levegőbe történő kibocsátások és energia felhasználás csökkentésével kapcsolatos általános feltételezések a 3.2.2 és 3.4.1.1 pontokban vannak.

5. **Elérhető legjobb technika az energiafogyasztás és a levegőbe történő kibocsátás az üzemeltetési paramétereinek folyamatos nyomon követése és az olvasztókemence programozott karbantartása általi csökkentése.**

Az olvasztó kemence felügyeletének és karbantartásának intézkedései a 3.2.2 pontban vannak.

Technika	Alkalmazhatóság
A technika a kemence elhasználódásának minimalizálására irányuló, amely egyedileg vagy a kemence típusának megfelelő kombinációban is alkalmazható nyomon követési és karbantartási műveletek sorozatából áll, ilyen például a kemence és az égőblokkok tömítése, a maximális szigetelés fenntartása, a stabilizált láng feltételeinek szabályozása, a tüzelőanyag/levegő arány szabályozása stb	Regeneratív, rekuperatív és oxigén-tüzelőanyag tüzelésű kemencékre alkalmazható. Az egyéb kemencetípusokra való alkalmazhatóságra az adott létesítmény egyedi értékelése után van lehetőség.

6. **Elérhető legjobb technika levegőbe történő kibocsátások csökkentésére vagy megelőzésére az olvasztó kemencébe kerülő valamennyi anyag és alapanyag gondos kiválasztása és ellenőrzése az akábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:**

Az alapanyagok kiválasztásának és a tüzelőanyag minőség ellenőrzésének intézkedései a 3.4.1.1 pontban találhatók.

Technika	Alkalmazhatóság
i. Alacsony szennyezettségű (pl. alacsonyfém-, klorid- vagy fluoridtartalmú) alapanyagok és idegen cserép használata	A létesítményben gyártott üveg fajtája, valamint az alapanyagok és tüzelőanyagok elérhetőségének korlátaival alkalmazható.
ii. Alternatív (pl. kevésbé illékony) alapanyagok használata	
iii. Alacsony fémszennyezettségű tüzelőanyagok használata	

7. Elérhető legjobb technika a kibocsátások és/vagy más, vonatkozó folyamat paraméterek rendszeresen történő felügyeletének megoldása magába foglalja:

Technika	Alkalmazhatóság
i. Kritikus folyamatparaméterek – pl. hőmérséklet, tüzelőanyag-ellátás és levegőáramlás – folyamatos nyomon követése a folyamat stabilitásának biztosítása érdekében	Altalánosan alkalmazható technikák
ii. Folyamatparaméterek rendszeres nyomon követése a szennyezések megelőzése/csökkentése érdekében, pl. a füstgázok O ₂ -tartalmának nyomon követése a tüzelőanyag-levegő arány szabályozása céljából.	
iii. Por , NO _x és SO ₂ kibocsátások folyamatos vagy évente legalább kétszer végzett, szakaszos mérése, valamint ezzel összefüggésben a helyettesítő paraméterek ellenőrzése annak biztosítása érdekében, hogy a csökkentő rendszer a mérések közötti időszakban megfelelően működjön	
iv. NH ₃ kibocsátások folyamatos vagy rendszeres időközönként végzett mérése szelektív katalitikus redukciós (SCR) vagy szelektív nem katalitikus redukciós (SNCR) technikák alkalmazása esetén	Altalánosan alkalmazható technikák
v. CO kibocsátások folyamatos vagy rendszeres időközönként végzett mérése, ha az NO _x -kibocsátások csökkentésére elsődleges technikákat vagy tüzelőanyaggal történő kémiai redukciós technikákat alkalmaznak, vagy ha tökéletlen égés fordulhat elő	
vi. HCl, HF, CO és fémkibocsátások rendszeres időközönként végzett mérése, különösen, ha ilyen az anyagokat tartalmazó alapanyagokat használnak, vagy ha tökéletlen égés fordulhat elő	Altalánosan alkalmazható technikák
vii. Helyettesítő paraméterek folyamatos nyomon követése annak biztosítása érdekében, hogy a füstgázkezelő rendszer megfelelően működjön és a kibocsátási szinteket a szakaszos mérések közötti időszakban fenntartsák. A helyettesítő paraméterek nyomon követése kiterjed a reagensek beadagolására, a hőmérsékletre, a vízadagolásra, a feszültségre, a pormentesítésre, a ventilátor-fordulatszámra stb.	

8. Elérhető legjobb technika a kibocsátások megelőzésére vagy csökkentésére a füstgázkezelő rendszerek normál üzemeltetési feltételek mellett optimális kapacitáson és üzemképességgel való működtetése.

Alkalmazhatóság

Speciális eljárások határozhatók meg egyes üzemeltetési feltételekhez, így különösen:

- indítási vagy leállítási műveletek során
- egyéb, speciális olyan műveletek során, amelyek hatással lehetnek a rendszerek megfelelő működésére (pl. rendszeres és rendkívüli karbantartás, valamint a kemence és/vagy a füstgázkezelő rendszer tisztítási műveletei, vagy komoly gyártási változások)

- iii. elégtelen füstgázáramlás, vagy a hőmérséklet elégtelen, ami megakadályozza, hogy a rendszer teljes kapacitáson üzemeljen.

9. Elérhető legjobb technika szén-monoxid (CO) olvasztókemencéből történő kibocsátásának korlátozása, amennyiben az NO_x kibocsátások csökkentésére elsődleges technikákat vagy tüzelőanyaggal történő kémiai redukciót alkalmaznak

Technika	Alkalmazhatóság
Az NO _x kibocsátások csökkentésére szolgáló elsődleges technikák a tüzelésmódosításokon alapulnak (pl. a levegő-tüzelőanyag arány csökkentése, többlépcsős tüzelésű, alacsony NO _x égők alkalmazása, stb.). A tüzelőanyaggal történő kémiai redukció lényege, hogy szénhidrogén-tüzelőanyagot juttatnak a füstgázáramba a kemencében képződött NO _x redukálására. A CO-kibocsátás e technikák alkalmazásával járó növekedése az üzemeltetési paraméterek gondos szabályozása által korlátozható	Hagyományos, tüzelőanyag/levegő kemencékre alkalmazható.

4.3 Táblázat: Olvasztókemencékből szén monoxid kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek

Paraméter	BAT-AEL
CO-ban kifejezett szén-monoxid	<100 mg/Nm ³

10. Elérhető legjobb technika az ammónia (NH₃) kibocsátásának korlátozása, amennyiben az NO_x-kibocsátás nagy hatásfokú csökkentése érdekében szelektív katalitikus redukciós (SCR) vagy szelektív nem katalitikus redukciós (SNCR) technikákat alkalmaznak

Technika	Alkalmazhatóság
A technika az SCR és SNCR füstgázkezelő rendszerekre vonatkozó, megfelelő üzemeltetési feltételek bevezetését és fenntartását foglalja magában a szabad ammónia kibocsátásának korlátozása érdekében	SCR vagy SNCR rendszerrel felszerelt olvasztókemencékre alkalmazható.

4.4 Táblázat: Ammónia kibocsátására vonatkozó BAT-AEL-értékek SCR vagy SNCR technikák alkalmazása esetén

Paraméter	BAT-AEL ⁽¹⁾
NH ₃ -ban kifejezett ammónia	<5-30 mg/Nm ³
1. A magasabb szintek a magasabb belépő NO _x koncentrációkkal, magasabb csökkentési aránnyal és a katalizátor elhasználódásával függnek össze.	

- 11. Elérhető legjobb technikának számít az olvasztókemence borkibocsátásának az alábbi technikák legalább egyikét alkalmazva történő csökkentése, amennyiben a keverék-összetétel bőrvegyületeket tartalmaz:**

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Szűrőrendszer megfelelő hőmérsékleten való üzemeltése a szilárd halmazállapotú bőrvegyületek leválasztásának fokozására, figyelembe véve, hogy egyes bórsavak 200°C alatt – de akár már 60 C-on is – gáznemű vegyületeként lehetnek jelen a füstgázban	A meglévő üzemekben való alkalmazhatóságnak korlátot szabhatnak a meglévő szűrőrendszer helyzetével és jellemzőivel összefüggő műszaki megkötések.
ii. Száraz vagy félszáraz mosó szűrőrendszerrel kombinált alkalmazása	Alkalmazhatóságának korlátot szabhat az egyéb gáznemű szennyezőanyagok (SO _x , HCl, HF) csökkenő eltávolítási hatékonysága, amelyet a száraz alkáli reagens felületére lerakódó bőrvegyületek okoznak.
iii. Nedves mosó alkalmazása	A meglévő üzemekben való alkalmazhatóságnak korlátot szabhat a speciális szennyvíztisztítás szükségessége.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.1., 4.10.4. és 4.10.6. pont ismerteti.	

Nyomon követés

A borkibocsátás nyomon követését olyan speciális módszertan alapján kell elvégezni, amely lehetővé teszi mind szilárd, mind gáz-halmazállapotú bór mérését, valamint az adott fajták füstgázból való eltávolítása hatékony módjának meghatározását.

4.1.5 Üveg gyártási folyamatok során a vízbe történő kibocsátások

- 12. Elérhető legjobb technika a vízfogyasztás csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása (lásd 3.6 pont):**

Technika	Alkalmazhatóság
i. Kiömlések és szivárgások minimalizálása (lásd 3.6 pont)	Általánosan alkalmazható technika
ii. Hűtő- és mosóvíz tisztítás utáni újrafelhasználása (lásd 2.8.1, 3.6 pontok és 2.15 Ábra)	Általánosan alkalmazható technika A mosóvíz visszaforgatása a legtöbb mosórendszer esetén alkalmazható; mindazonáltal, a mosóközeg időszakos leürítését és cseréjét igényelheti.
iii. Részben zárt vízrendszer üzemeltetése, amennyiben műszakilag és gazdaságilag megvalósítható (lásd 2.8.1 pont és 2.15 Ábra)	E technika alkalmazhatóságának korlátozhatják a gyártási folyamat biztonságirányításával összefüggő megkötések. Nevezetesen: - nyitott hűtőkör olyan esetekben alkalmazható, amelyekben az biztonsági problémák miatt szükséges (pl. olyan eseményeknél, amikor nagy mennyiségű üveget kell hűteni), - egyes, meghatározott folyamatok során (pl. feldolgozási tevékenységek a folyamatos üvegrost szektorban, savpolírozás a háztartási- és speciálisüveg szektorokban stb.) használt vizet lehet, hogy részben vagy teljes egészében le kell üríteni a szennyvíz kezelő rendszerbe

13. Elérhető legjobb technika a kiengedett szennyvízben lévő szennyezőanyag kibocsátási terhelés csökkentésére az alábbi szennyvíz kezelő rendszerek egyedi vagy kombinált alkalmazása:

A szennyvíz kezelő rendszereknél alkalmazott lehetséges technikák listája a 3.6 pontban van.

Technika	Alkalmazhatóság
i. Normál szennyezés-csökkentési technikák, pl., ülepítés, rácsos szűrés, lefőlözés, semlegesítés, szűrés, levegőztetés, lecsapátás, koagulálás és flokkulálás stb. Normál, jó gyakorlati technikák a folyékony alapanyagok és segédanyagok tárolásából származó kibocsátások csökkentésére, például elszigetelés, a tartályok vizsgálata/tesztje, túltöltés védelem stb.	Általánosan alkalmazható technikák
ii. A szerves vegyületek eltávolítására/lebontására szolgáló biológiai tisztítórendszerek, például eleveniszap, bioszűrés	Alkalmazhatósága azon szektorokra korlátozódik, amelyek a gyártási folyamat során szerves anyagokat használnak (pl. a folyamatos üvegrost és az ásványgyapot szektorok).
iii. Települési szennyvíztisztító telepekre történő elvezetés	Olyan létesítményekre alkalmazható, amelyek esetén a szennyezőanyagok további csökkentése szükséges.
iv. Szennyvizek külső újrahasznosítása	Alkalmazhatósága általában a fritt szektorra korlátozódik (újrahasznosítás lehetősége a kerámiaiparban).

4.5 Táblázat: Üveggyártásból adódóan felszíni vizekbe történő szennyvízkibocsátásokra vonatkozó BAT-AEL értékek

Paraméter ⁽¹⁾	Egység	BAT-AEL ⁽²⁾ (kompozit minta)
pH	-	6,5-9
Teljes szuszpendált szilárd	mg/l	<30
Kémiai oxigén igény (COD)	mg/l	<5-130 ⁽³⁾
Szulfát SO ₄ -ként kifejezve	mg/l	<1 000
Fuoridok F-ként kifejezve	mg/l	<6 ⁽⁴⁾
Teljes szénhidrogén	mg/l	<15 ⁽⁵⁾
Ólom Pb-ként kifejezve	mg/l	<0,05-0,3 ⁽⁶⁾
Antimon Sb-ként kifejezve	mg/l	<0,5
Arzén As-ként kifejezve	mg/l	<0,3
Bárium Ba-ként kifejezve	mg/l	<3,0
Cink Zn-ként kifejezve	mg/l	<0,5
Réz Cu-ként kifejezve	mg/l	<0,3
Króm Cr-ként kifejezve	mg/l	<0,3
Kadmium Cd-ként kifejezve	mg/l	<0,05
Ón Sn-ként kifejezve	mg/l	<0,5
Nikkel Ni-ként kifejezve	mg/l	<0,5
Ammónia NH ₄ -ként kifejezve	mg/l	<10
Bór B-ként kifejezve	mg/l	<1-3
Fenol	mg/l	<1

⁽¹⁾ A táblázatban felsorolt szennyezőanyagok vonatkozására az adott üvegipari szektorról, valamint az üzemben végzett különböző tevékenységektől függ.

⁽²⁾ A szintek 2 vagy 24 órás időtartam alatt vett, kompozit mintára vonatkoznak.

⁽³⁾ A folyamatos üvegrost szektornál a BAT-AEL érték <200 mg/l.

⁽⁴⁾ Ez a szint a savpolírozást alkalmazó tevékenységekből származó tisztított vízre vonatkozik.

⁽⁵⁾ A szénhidrogének teljes mennyiségét általában ásványolajok alkotják.

⁽⁶⁾ A tartomány magasabb szintje az ólomkristályüveg-gyártás további folyamataira vonatkozik.

4.1.6 Üveg gyártási folyamatokból származó hulladék

A szilárd hulladékok képződésével kapcsolatos általános megfontolások a 3.7 pontban vannak megadva.

14. Elérhető legjobb technika elhelyezendő szilárd hulladék képződésének csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika	Alkalmazhatóság
i. Keverékanyag-hulladék újrahasznosítása, amennyiben a minőségi követelmények megengedik (lásd 3.7 pont)	Alkalmazhatóságának korlátot szabhatnak a végtermék minőségével összefüggő megkötések
ii. Alapanyagok tárolása és kezelése során jelentkező anyagvesztés minimalizálása (lásd 3.3 pont)	Általánosan alkalmazható technikák
iii. Selejt termékekből képződő saját cserép újra hasznosítása	Általánosságban nem alkalmazható a folyamatos üvegrost, a magas hőmérsékletű szigetelő gyapot és a fritt szektoroknál.
iv. Por újrahasznosítása a keverék-összetételben, amennyiben a minőségi követelmények megengedik (lásd 3.7 pont)	Alkalmazhatóságát különböző tényezők korlátozhatják: • üveg végtermékkel szemben támasztott minőségi követelmények, • a keverék-összetételben használt cserép százalékos aránya, • lehetséges kiporzási jelenségek és a tűzálló anyagok korróziója, • kénegyensúly korlátai.
v. Szilárd hulladék és/vagy szennyiszap helyszíni felhasználása (pl. víztisztításból származó szennyiszap esetén) vagy értékesítése más iparágakban történő megfelelő felhasználásra (lásd 3.7 pont)	Általánosan alkalmazható a háztartásiüveg- (ólomkristály csiszolási iszap) és a csomagoló üveg-szektorban (olajjal kevert finom üveg részecskék) A kiszámíthatatlan, szennyezett összetétel, valamint a kis mennyiségek és az alacsony gazdasági életképesség miatt a többi üveggyártási szektorban korlátozottan alkalmazható.
vi. Elhasználódott tűzálló anyagok lehetséges értékesítése más iparágak számára	Alkalmazhatóságát korlátozzák a tűzálló anyag gyártója és a lehetséges végfelhasználó által szabott megkötések.
vii. A hulladék cementkötésű brikettként való felhasználása forró szeles kupoló kemencékben történő újrahasznosítás céljából, amennyiben a minőségi követelmények megengedik	A hulladék cementkötésű brikettként való felhasználása a közetgyapot szektorra korlátozódik. Kompromisszumos megoldást kell keresni a levegőbe történő kibocsátás és a szilárdhulladék-áram képződése között.

4.1.7 Üveggyártási folyamatokból származó zaj

15. Elérhető legjobb technika a zajkibocsátás csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

- Környezeti zaj-értékelés elvégzése és a helyi környezetnek megfelelő zajkcsökkentés intézkedési terv készítése,
- Zajos berendezések/folyamatok külön épületben/részlegben történő elkülönítése,
- Gátfalak használata a zajforrások árnyékolására,
- Zajos szabadtéri tevékenységek nappal történő elvégzése,
- Zajvédő falak vagy természetes árnyékolók (fák, bokrok) alkalmazása a létesítmény és a védett terület között, a helyi körülményeknek megfelelően.

4.2 BAT KÖVETKEZTETÉSEK CSOMAGOLÓ ÜVEG GYÁRTÁSRA

Eltérő rendelkezés hiányában az e pontban ismertetett BAT-következtetések minden csomagoló üveg gyártó létesítményre alkalmazhatók.

4.2.1 Olvasztó kemencékből származó por kibocsátások

16. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence füstgázaiból eredő porkibocsátás csökkentésére a füstgáztisztító rendszer, például elektrosztatikus porleválasztó vagy zsákos szűrő alkalmazása.

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
A füstgáztisztító rendszerek olyan folyamatvégi technikákból állnak, amelyek az összes, a mérés időpontjában szilárd halmazállapotú anyag szűrésén alapulnak.	Általánosan alkalmazható technika
⁽¹⁾ A szűrőrendszereket (azaz az elektrosztatikus porleválasztót és a zsákos szűrőt) a 4.10.1 pont ismerteti	

4.6 Táblázat: Olvasztókemence porkibocsátási BAT-AEL értékek a csomagoló üveg szektorban

Paraméter	BAT-AEL	
	mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽¹⁾
Por	<10–20	<0,015–0,06
⁽¹⁾ A tartomány alsó értékét az $1,5 \times 10^{-3}$, felső értékét pedig a 3×10^{-3} átszámítási tényezővel határozták meg.		

A részecske anyagok természetére és a felsorolt technikákra vonatkozó általános feltételezések a 3.4.1, 3.4.1.2 és 3.4.1.3 pontokban jelennek meg.

4.2.2 Olvasztó kemencékből származó nitrogén-oxidok (NO_x)

Ezeket a technikákat a 3. fejezet tárgyalja; például az elektromos olvasztás használata (3.2.1 pont) és a speciális kemence kialakítások alkalmazása (3.4.2.3 pont). Vannak olyan technikák is amelyek szélesebb körben alkalmazhatók, de amelyek nem jelenthetik az összes körülményt figyelembe véve a legjobb megoldást, például oxigén-tüzelőanyag tüzelés (3.4.2.5 pont).

Az NO_x kibocsátások eredetére és a BAT-nak tekintett technikákra vonatkozó általános feltételezések a 3.4.2 pontban jelennek meg.

17. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence NO_x kibocsátások csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

I. elsődleges technikák például:

Technika⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Tüzelés módosításai (lásd 3.4.2.1 pont)	
(a) Levegő-tüzelőanyag arány csökkentés	Hagyományos, levegő-tüzelőanyag- tüzelésű kemencékre alkalmazható. Az összes előny optimális kemencekialakítással és - geometriával kombinált rendes vagy teljes kemenceátépítéssel használható ki teljes mértékben.
(b) Égéslevegő hőmérséklet csökkentése	Csak létesítményspecifikus körülmények között alkalmazható a kemence alacsonyabb hatásfoka és nagyobb tüzelőanyag igénye (azaz regeneratív kemencék helyett rekuperatív kemencék alkalmazása) miatt.
(c) Több lépcsős tüzelés: • Tüzelőanyag többlépcsős beadagolása • Levegő többlépcsős beadagolása	A tüzelőanyag többlépcsős beadagolása a legtöbb hagyományos, levegő-tüzelőanyag-tüzelésű kemencére alkalmazható. A levegő többlépcsős beadagolásának alkalmazhatósága műszaki összetettsége miatt igen korlátozott.
(d) Füstgáz visszavezetés	E technika alkalmazhatósága a speciális, a füstgázt automatikusan visszavezető égőkre korlátozódik.
(e) Alacsony NO _x égő	Általánosan alkalmazható technika. Az elért környezeti előny kereszttüzelésű, gáztüzelésű kemencéknél a műszaki korlátok és a kevésbé rugalmas kemence miatt általában kisebb. Az összes előny optimális kemencekialakítással és - geometriával kombinált rendes vagy teljes kemenceátépítéssel használható ki.
(f) Tüzelőanyag kiválasztás	Alkalmazhatóságának korlátot szab a különböző tüzelőanyag típusok elérhetősége, amelyre a tagállami energiapolitika is hatással lehet.
ii. Speciális kemence kialakítások (lásd 3.4.2.3 pont)	Alkalmazhatósága a nagy arányú (>70%) idegen cserepet tartalmazó keverék összetételekre korlátozódik. Alkalmazásához az olvasztókemence teljes átépítése szükséges. A kemence alakja (hosszú és keskeny) térbeli akadályokat jelenthet.
iii. Elektromos olvasztás (lásd 3.2.1 pont)	Nagy mennyiségű (>300 tonna/nap) üveggyártásnál nem alkalmazható. Nagy kihozatali változásokat igénylő gyártásnál nem alkalmazható. Megvalósításához a kemence teljes átépítése szükséges.
iv. Oxigén-tüzelőanyag olvasztás (lásd 3.4.2.5 pont)	A maximális környezeti előny teljes kemenceátépítéskor történő alkalmazással érhető el.
1. A technikákat a 4.10.2 pont ismerteti	

II. másodlagos technikák, például:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Szelektív katalitikus redukció, SCR (lásd 3.4.2.7 pont)	Az alkalmazás fejlett porcsökkentési rendszert igényelhet azért, hogy a garantálni lehessen a 10-15 mg/Nm³ alatti por koncentrációt és a kénmentes állapotot az SO_x kibocsátás csökkentésénél. Az optimális üzemeltetési hőmérséklet tartomány miatt alkalmazhatósága az elektrosztatikus porleválasztók használatára korlátozódik. A technikát zsákos szűrő rendszerénél általában nem alkalmazzák, mivel az alacsony, 180 és 200°C közötti üzemi hőmérséklet a füstgáz újramelegítését tenné szükségessé. A technika megvalósításának jelentős helyigénye lehet.
ii. Szelektív nem katalitikus redukció, SNCR (lásd 3.4.2.8 pont)	A technika rekuperatív kemencékre alkalmazható. Igen korlátozott az alkalmazhatósága hagyományos regeneratív kemencék esetén, amelyeknél a megfelelő hőmérsékleti tartományt nehéz elérni vagy az nem teszi lehetővé a füstgáznak a reagenssel való jó elkeveredését. Osztott regenerátorral rendelkező, új regeneratív kemencék esetén lehetséges az alkalmazása, azonban a hőmérsékleti tartományt a kamrák közötti tüzelésváltás okozta ciklikus hőmérsékletváltozás miatt nehéz fenntartani.
1. A technikákat a 4.10.2 pont ismerteti.	

4.7 Táblázat: Olvasztókemence NO_x kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a csomagoló üveg szektorban

Paraméter	BAT	BAT-AEL (napi átlag értékek vagy a minta időszak alatti átlag)	
		mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg ⁽¹⁾
NO _x NO ₂ -ként kifejezve	Tüzelés módosításai, speciális kemence kialakítások ^{(2) (3)}	<500-800	<0,75-1,2
	Elektromos olvasztás	<100	<0,3
	Oxigén-tüzelőanyag tüzelésű olvasztás	Nem alkalmazható	<0,5-0,8
	Másodlagos technikák	<500	<0,75
⁽¹⁾ A 4.2. táblázatban általános esetekhez feltüntetett átszámítási tényezőt ($1,5 \times 10^{-3}$) alkalmazták, kivéve az elektromos olvasztás esetén (speciális esetek: 3×10^{-3}). ⁽²⁾ Az alacsonyabb érték adott esetben a speciális kialakítású kemencék alkalmazására vonatkozik. ⁽³⁾ Ezek az értékek az olvasztókemence rendes vagy teljes átépítése esetén felülvizsgálandók. ⁽⁴⁾ Az elérhető szintek a rendelkezésre álló földgáz és oxigén minőségétől (nitrogéntartalmától) függenek.			

18. Ha a keverék-összetétel nitrátokat tartalmaz és/vagy az olvasztókemencében speciális oxidáló tüzelési feltételek szükségesek a végtermék minőségének biztosításához, elérhető legjobb technika az NO_x kibocsátás csökkentésére nyersanyagok használatának minimalizálása, valamint ezzel egyidejűleg elsődleges vagy másodlagos technikák alkalmazása

A keverék összetételben esetleg jelenlévő nitrátokkal kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.2.2 pontban, míg a BAT-nak tekintett elsődleges és másodlagos technikákkal összefüggő feltételezések pedig a 3.2.1, 3.4.2.1, 3.4.2.3 és 3.4.2.5-3.4.2.8 pontokban vannak.

A BAT-AEL értékeket a 4.7. táblázat tartalmazza.

Amennyiben a keverék összetételben rövid kemencekampányokhoz vagy <100 t/nap kapacitású olvasztókemencék esetén nitrátokat használnak, a vonatkozó BAT-AEL értékek a 4.8. táblázatban találhatók.

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
Elsődleges technikák: A nitrátok keverék összetételben lévő használatának minimalizálása A nitrátokat a nagyon magas minőségű termékekhez (azaz díszflakonok, parfümös üvegek és kozmetikai tárolóedények) használják Hatékony alternatív anyagok a szulfátok, az arzén-oxidok és a cérium-oxid A nitrátok használatának alternatívájaként folyamatmódosítások (pl. speciális oxidáló tüzelési feltételek) vezethetők be.	A keverék összetételben használt nitrátok kiváltását korlátozhatja az alternatív anyagok magas költsége és/vagy nagyobb környezeti hatása.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.2. pont ismerteti.	

4.8 Táblázat: Olvasztókemence NO_x kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a csomagolóüveg-szektorban, amennyiben rövid kemencekampányokhoz vagy <100 t/nap kapacitású olvasztókemencék esetén a keverék összetételben nitrátokat használnak és/vagy speciális oxidáló tüzelési feltételeket alkalmaznak

Paraméter	BAT	BAT-AEL	
		mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽¹⁾
NO ₂ -ben kifejezett NO _x	Elsődleges technikák	<1000	<3

⁽¹⁾ A 4.2. táblázatban az egyedi eseteknél feltüntetett átszámítási tényezővel (3×10^{-3}) számítva.

4.2.3 Olvasztó kemencékből származó kén-oxidok (SO_x)

A kén-oxidok kibocsátásaival kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.3 pontban vannak megadva.

19. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence SO_x kibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Száraz vagy fűlszáraz mosó szűrőrendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	Általánosan alkalmazható technika
ii. Keverék összetétel kén tartalmának minimalizálása és a kénegyensúly optimalizálása (lásd 3.4.3.2 pont)	A keverék összetétel kén tartalmának minimalizálása az üveg végtermékkel szemben támasztott minőségi követelmények korlátain belül általánosan alkalmazható. A kénegyensúly optimalizálása az SO_x kibocsátások kiküszöbölése és a szilárd hulladékok (szűrőpor) kezelése közötti kompromisszumos megközelítést igényel. Az SO_x-kibocsátások hatékony csökkentése függ az üvegben maradó kénvegyületektől, ami üvegtípusonként lényegesen eltérő lehet.
iii. Alacsony kén tartalmú tüzelőanyagok használata (lásd 3.4.3.1 pont)	Alkalmazhatóságának korlátot szabhat az alacsony kén tartalmú tüzelőanyagok elérhetősége, amelyre a tagállami energiapolitika is hatással lehet.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.3. pont ismerteti.	

4.9 Táblázat: Olvasztókemence SO_x kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a csomagoló üveg szektorban

Paraméter	Tüzelőanyag	BAT-AEL ^{(1) (2)}	
		mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg ⁽³⁾
SO ₂ -ként kifejezett SO _x	Földgáz	<200-500	<0,3-0,75
	Tüzelőolaj ⁽⁴⁾	<500-1200	<0,75-1,8

⁽¹⁾ A speciális színesüveg-típusok (pl. redukált zöld üveg) esetén az elérhető kibocsátási szintekkel kapcsolatban a kénegyensúly vizsgálatára lehet szükség. A táblázatban szereplő értékek elérését megnehezítheti a szűrőpor újrahasznosításának és az idegen üvegcserep újrahasznosítási arányának kombinációja.

⁽²⁾ Az alacsonyabb szintek olyan feltételekre vonatkoznak, amelyek az SO_x-kibocsátás csökkentése elsőbbséget élvez a szulfátban gazdag szűrőpor jelentette szilárd hulladék keletkezésének csökkentésével szemben.

⁽³⁾ A 2. táblázatban az általános esetenél feltüntetett átszámítási tényezővel ($1,5 \times 10^{-3}$) számítva.

⁽⁴⁾ A kapcsolódó kibocsátási szintek az 1%-os kén tartalmú tüzelőolaj és másodlagos csökkentési technikák együttes alkalmazására vonatkoznak.

4.2.4 Olvasztó kemencéből származó hidrogén-klorid (HCl) és hidrogén-fluorid (HF)

A HCl és HF kibocsátásokkal kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.4 pontban vannak megadva. Bizonyos esetekben, fluoridokat tartalmazó anyagokat szándékoltnak alkalmaznak alapanyagként (lásd 2.2.1 pont).

20. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence HCl- és HF-kibocsátásának csökkentésére (és egyúttal lehetőleg kombinálva a melegvégi bevonati tevékenységekből származó füstgázaival) az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Alacsony klór- és fluortartalmú alapanyagok kiválasztása a keverék összetételhez (lásd 3.4.4.1 pont)	Alkalmazhatóságának korlátot szabhatnak a létesítményben gyártott üveg típusával és az alapanyagok elérhetőségével összefüggő megkötések.
ii. Száraz vagy félszáraz mosó szűrőrendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	Általánosan alkalmazható technika.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.4. pont ismerteti	

4.10 Táblázat: Olvasztókemence HCl és HF kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a csomagoló üveg szektorban

Paraméter	BAT-AEL	
	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg ⁽¹⁾
HCl-ben kifejezett hidrogén-klorid ⁽²⁾	<10-20	<0,02-0,03
HF-ben kifejezett hidrogén-fluorid	<1-5	<0,001-0,008
⁽¹⁾ A 4.2. táblázatban az általános eseteknél feltüntetett átszámítási tényezővel ($1,5 \times 10^{-3}$) számítva.		
⁽²⁾ A magasabb szintek a melegvégi bevonó műveletekből származó füstgázok egyidejű kezeléséhez kapcsolódnak.		

4.2.5 Olvasztó kemencékből származó fémek

A fémek kibocsátásaival kapcsolatos általános megfontolások a 3.8.3 pontban vannak megadva. Mindazonáltal, fémvegyületek használatosak színező és szintelenítő anyagként (lásd 2.2.1 pont).

21. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence fémkibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Alacsony fémtartalmú alapanyagok kiválasztása a keverék-összetételhez (lásd 3.8.3 pont)	Alkalmazhatóságának korlátot szabhatnak a létesítményben gyártott üveg típusával és az alapanyagok elérhetőségével összefüggő megkötések
ii. Fémvegyületek keverék-összetételben való alkalmazásának minimalizálása – a fogyasztók minőségi elvárásainak figyelembevételével – azokban az esetekben, ahol az üveg színezése és szintelenítése igényli (lásd 3.4.1.1 pont)	
iii. Szűrőrendszer (zsákos szűrő vagy elektrosztatikus porleválasztó) alkalmazása.	Általánosan alkalmazható technika
iv. Száraz vagy félszáraz mosó szűrő rendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	
⁽¹⁾ A technikákat a 4.10.5 pont ismerteti	

4.11 Táblázat: Az olvasztókemence fémkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a csomagoló üveg gyártási ágazatban

Paraméter	BAT-AEL ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽⁴⁾
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI})	<0,2-1 ⁽⁵⁾	<0,3-1,5x10 ⁻³
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn)	<1-5	<1,5-7,5x10 ⁻³
(¹) A szintek a füstgázokban mind szilárd, mind gázhalmazállapotban jelen lévő fémek összességére vonatkoznak. (²) Az alacsonyabb szintek olyan esetekre vonatkozó BAT-AEL értékek, amelyekben a fémvegyületek nem szándékosan kerültek a keverék összetételbe. (³) A magasabb szintek az üveg színezéséhez vagy szintelenítéséhez használt fémek alkalmazásával kapcsolatosak, vagy olyan esetekhez kapcsolódnak, amelyekben a melegvégi bevonati műveletekből származó füstgázokat az olvasztókemence kibocsátásaival együtt kezelik. (⁴) A 2. táblázatban az általános eseteknél feltüntetett átszámítási tényezővel ($1,5 \times 10^{-3}$) számítva. (⁵) Magasabb – akár 3 mg/Nm³-ig terjedő – értékeket jelentettek olyan, egyedi esetekben, amelyekben a szintelenítéshez (az alapanyagtól függően) nagyobb mennyiségű szelént igénylő, magas minőségű flintüveget gyártanak.		

4.2.6 További folyamatokból származó kibocsátások

A további folyamatokból származó kibocsátások fő lehetséges forrása a melegvégi bevonati kezelés. A melegvégi bevonati kezelésből származó kibocsátásokkal kapcsolatos általános megfontolások a 3.5.1 pontban vannak megadva.

22. Amennyiben melegvégi bevonati műveletekhez ón-, szervesón- vagy titánvegyületeket alkalmaznak, a elérhető legjobb technika a kibocsátások csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. A bevonó termék veszteségeinek minimalizálása a felvivőrendszer jó tömítésének biztosítása, valamint hatékony elszívó ernyő alkalmazása révén A jól megépített és tömített felvivőrendszer kulcsfontosságú a nem reagált anyag levegőbe jutó veszteségeinek minimalizálása érdekében	Általánosan alkalmazható technika
ii. Másodlagos kezelési rendszer (szűrő és száraz vagy fűlszáraz mosó) alkalmazása esetén a bevonatolási műveletekből származó füstgáz elegyítése az olvasztókemencéből származó füstgázzal vagy a kemence égési levegőjével lásd 3.5.1 pont). Vegyí kompatibilitástól függően a bevonati műveletekből származó füstgázok kezelés előtt egyéb füstgázokkal is elegyíthetők. Az alábbi két lehetőség alkalmazható: • az olvasztókemencéből származó füstgázzal való elegyítés egy másodlagos csökkentőrendszerbe (szűrőrendszerrel kiegészített száraz vagy fűlszáraz mosó) való bevezetés előtt, • égési levegővel való elegyítés a regenerátorba való bevezetés előtt, majd az olvasztási folyamat során keletkezett füstgázok másodlagos csökkentő kezelése (száraz vagy fűlszáraz mosó + szűrőrendszer)	Az olvasztókemencéből származó füstgázzal való elegyítés általánosan alkalmazható. Az égési levegővel való elegyítést befolyásolhatják az üveg kémiai tulajdonságaira és a regenerátor anyagokra gyakorolt esetleges hatásokból adódó műszaki korlátok.
iii. Másodlagos technika alkalmazása, pl. nedves mosó, szűrővel kiegészített száraz mosó ⁽¹⁾	Általánosan alkalmazható technikák
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.4. és 4.10.7. pont ismerteti.	

4.12 Táblázat: Melegvégi bevonati tevékenységek levegőbe történő kibocsátásainak BAT-AEL értékei a csomagoló üveg szektorban, ha a további folyamatokból származó füstgázokat külön kezelik

Paraméter	BAT-AEL
	mg/Nm ³
Por	<10
Ti-ben kifejezett titánvegyületek	<5
Sn-ben kifejezett ónvegyületek, ideértve a szerves ónvegyületeket	<5
HCl-ben kifejezett hidrogén-klorid	<30

23. Amennyiben felületkezelési műveletekhez SO₃-at alkalmaznak, az elérhető legjobb technika az SO_x kibocsátás csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. A termékvesztések minimalizálása a felvivőrendszer jó tömítésének biztosítása révén	Általánosan alkalmazható technikák
ii. A jól megépített és tömített felvivőrendszer alapvető a nem reagált anyagok levegőbe jutó veszteségeinek minimalizálása érdekében	
iii. Másodlagos technika, pl. nedves mosó alkalmazása (lásd 3.4.3.4 pont)	
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.6. pont ismerteti.	

4.13 Táblázat: További folyamatok SO_x kibocsátásainak BAT-AEL értéke, ha a csomagoló üveg szektorban a felületkezelési műveletekhez SO₃-at használnak, és e kibocsátásokat külön kezelik

Paraméter	BAT-AEL
	mg/Nm ³
SO ₂ -ben kifejezett SO _x	<100-200

4.3 BAT KÖVETKEZTETÉSEK SÍKÜVEG GYÁRTÁSRA

Eltérő rendelkezés hiányában az e pontban ismertetett BAT következtetések minden síküveg-gyártó létesítményre alkalmazhatók.

4.3.1 Olvasztó kemencékből származó por kibocsátások

24. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence füstgázaiból származó porkibocsátás elektrosztatikus porleválasztó vagy zsákos szűrős rendszer segítségével történő csökkentésére.

A technikákat az 4.10.1. pont ismerteti.

4.14 Táblázat: Az olvasztókemence porkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a síküveg-gyártási ágazatban

Paraméter	BAT-AEL	
	mg/Nm ³	kg/t olvadt üveg ⁽¹⁾
Por	<10-20	<0,025-0,05
⁽¹⁾ A 4.2. táblázatban szereplő átszámítási tényezővel ($2,5 \times 10^{-3}$) számítva		

A részecske anyagok természetére és a felsorolt technikákra vonatkozó általános feltételezések a 3.4.1, 3.4.1.2 és 3.4.1.3 pontokban jelennek meg.

4.3.2 Olvasztó kemencékből származó nitrogén-oxidok (NO_x)

Az NO_x kibocsátások eredetére és a BAT-nak tekintett technikákra vonatkozó általános feltételezések a 3.4.2 pontban jelennek meg.

A síküveg szektornál, majdnem az összes kemence kereszt-tüzelésű regeneratív kemence. A szektorban használatos kemencék nagy kapacitása miatt, a technikák kiválasztása, amely az NO_x csökkentésére alkalmasak lehetnek, csak korlátozottan jöhetnek szóba. Az olyan technikákat, mint az elektromos olvasztást, rekuperatív kemencéket és alacsony NO_x szintre kialakított más kemencéket pl. LoNO_x[®] olvasztót nem alkalmazzák a szektorban műszaki korlátok miatt (lásd 3.2.1 pont és 3.4.2.3 pont).

25. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence NO_x kibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

I. elsődleges technikák, például:

Technika⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Tüzelés módosításai (lásd 3.4.2.1 pont)	
(a) Levegő-tüzelőanyag arány csökkentése	Hagyományos levegő-tüzelőanyag kemencékhez alkalmazható. Előnyei optimális kemencekialakítással és -geometriával kombinált rendes vagy teljes kemenceátépítéssel használhatók ki teljes mértékben.
(b) Égéslevegő hőmérsékletcsökkentés	Alkalmazhatósága kis kapacitású, speciális síküveget gyártó kemencékre, valamint létesítményspecifikus körülmények közötti használatra korlátozódik a kemence alacsonyabb hatásfoka és nagyobb tüzelőanyag igénye miatt (azaz regeneratív kemencék helyett rekuperatív kemencék alkalmazása).
(c) Többlépcsős tüzelés: • Tüzelőanyag többlépcsős beadagolása • Levegő többlépcsős beadagolása	A tüzelőanyag többlépcsős beadagolása a legtöbb hagyományos, levegő-tüzelőanyag kemencére alkalmazható. A levegő többlépcsős beadagolásának alkalmazhatósága technikai összetettsége miatt igen korlátozott.
(d) Füstgáz visszavezetés	E technika alkalmazhatósága a speciális, a füstgázt automatikusan visszakeringető égőkre korlátozódik.
(e) Alacsony NO _x égők	Általánosan alkalmazható technika. Az elért környezeti előny kereszt-tüzelésű, gáztüzelésű kemencéknél a műszaki korlátok és a kevésbé rugalmas kemence miatt általában kisebb. Előnyei optimális kemencekialakítással és geometriával kombinált rendes vagy teljes kemenceátépítéssel használhatók ki teljes mértékben.
(f) Tüzelőanyag kiválasztása	Alkalmazhatóságának korlátot szab a különböző tüzelőanyag típusok elérhetősége, amelyre a tagállami energiapolitika is hatással lehet.
ii. Fenix eljárás (lásd 3.4.2.4 pont) Több, a kereszt-tüzelésű, regeneratív float kemencék tüzelésének optimalizálására irányuló elsődleges technika kombinációján alapul. Főbb jellemzői a következők: • levegőfelesleg csökkentés, • túlhevült pontok eltüntetése és a lánghőmérséklet homogenizálása, ▪ tüzelőanyag és az égési levegő szabályozott keveredése.	Alkalmazhatósága kereszt-tüzelésű, regeneratív kemencékre korlátozódik. Új kemencékre alkalmazható. Meglévő kemencék esetén a technikát a kemence teljes átépítéskor közvetlenül integrálni kell a kemence kialakításba és szerkezetébe.

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
v. Oxigén-tüzelőanyag-tüzelésű olvasztás (lásd 3.4.2.5 pont)	A maximális környezeti előny teljes kemenceátépítéskor történő alkalmazás esetén érhető el.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.2. pont ismerteti.	

II. másodlagos technikák, például:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Tüzelőanyaggal történő kémiai redukció	Regeneratív kemencékre alkalmazható Alkalmazhatóságának korlátot szab a megnövekedett tüzelőanyag-fogyasztás és az azzal járó környezeti és gazdasági hatás.
i. Szelektív katalitikus redukció, SCR (lásd 3.4.2.7 pont)	Alkalmazásához a porcsökkentő rendszert a porkoncentráció a 10-15 mg/Nm ³ alatti por szintjének biztosítása érdekében való felújítására, valamint az SO _x kibocsátások eltávolítására szolgáló kéntelenítő rendszerre lehet szükség. Az optimális üzemeltetési hőmérséklet tartomány miatt alkalmazhatósága az elektrosztatikus porleválasztók használatára korlátozódik. A technikát zsákos szűrő rendszer esetén általában nem alkalmazzák, mivel az alacsony, 180 és 200°C közötti üzemi hőmérséklet a füstgáz újramelegítését tenné szükségessé. A technika megvalósításának jelentős helyigénye lehet
⁽¹⁾ A technikákat a 4.10.2 pont ismerteti.	

4.15 Táblázat: Olvasztókemence NO_x kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a síkúveg szektorban

Paraméter	BAT	BAT-AEL ⁽¹⁾	
		mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽²⁾
NO ₂ -ben kifejezett NO _x	Tüzelési módosítások, FENIX eljárás ⁽³⁾	700-800	1,75-2,0
	Oxigén-tüzelőanyag-tüzelésű olvasztás ⁽⁴⁾	nem alkalmazható	<1,25-2,0
	Másodlagos technikák ⁽⁵⁾	400-700	1,0-1,75

⁽¹⁾ Magasabb kibocsátási szintek várhatók, ha speciális üvegfajták gyártásához alkalmanként nitrátokat használnak.

⁽²⁾ A 2. táblázatban szereplő átszámítási tényezővel ($2,5 \times 10^{-3}$) számítva.

⁽³⁾ A tartomány alacsonyabb szintjei a FENIX eljárás alkalmazására vonatkoznak.

⁽⁴⁾ Az elérhető szintek a rendelkezésre álló földgáz és oxigén minőségétől (nitrogéntartalmától) függenek.

⁽⁵⁾ A tartomány magasabb szintjei meglévő üzemekre vonatkoznak az olvasztókemence rendes vagy teljes átépítése előtt. Az alacsonyabb szintek újabb/módosított üzemekre vonatkoznak.

26. Ha a keverék összetételben nitrátokat alkalmaznak, az elérhető legjobb technika az NO_x kibocsátás csökkentésére ezen alapanyagok használatának minimalizálása, valamint ezzel egyidejűleg elsődleges vagy másodlagos technikák alkalmazása. Másodlagos technikák alkalmazása esetén a 4.15. táblázatban szereplő BAT-AEL értékek alkalmazandók.

A keverék összetétellel kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.2.2 pontban vannak. A BAT-nak tekintett elsődleges és másodlagos technikákkal összefüggő feltételezések pedig a 3.4.2.1, 3.4.2.4, 3.4.2.6 és 3.4.2.7 pontokban vannak.

Ha a keverék összetételben korlátozott számú, rövid kemencekampány során, speciális üveg előállítása céljából használnak nitrátokat, a megfelelő BAT-AEL értékek a 4.16. táblázatban találhatók.

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
Elsődleges technikák: Nitrátok használatának minimalizálása a keverék összetételben A nitrátokat speciális termékek (azaz színezett üveg) gyártásához használják. Hatékony alternatívát jelentenek a szulfátok, az arzén-oxidok és a cérium-oxid	A keverék összetételben használt nitrátok kiváltását korlátozhatja az alternatív anyagok magas költsége és/vagy nagyobb környezeti hatása.
⁽¹⁾ A technikákat az 1.10.2. pont ismerteti.	

4.16 Táblázat: Olvasztókemencéből származó NO_x-kibocsátásra vonatkozó BAT-AEL értékek a síküveg-gyártási ágazatban, amennyiben a keverék összetételben korlátozott számú, rövid kemencekampány során használnak nitrátokat speciális üveg gyártására

Paraméter	BAT	BAT-AEL	
		mg/Nm ³	kg/tonna olvasztott üveg ⁽¹⁾
NO ₂ -ben kifejezett NO _x	Elsődleges technikák	<1200	<3
⁽¹⁾ A 2. táblázatban a speciális eseteknél feltüntetett átszámítási tényezővel ($2,5 \times 10^{-3}$) számítva.			

4.3.3 Olvasztókemencéből származó kén-oxidok (SO_x)

A kén-oxidok kibocsátásaival kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.3 pontban vannak megadva.

27. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence SO_x kibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Száraz vagy félszáraz mosó lépcső szűrő rendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	Általánosan alkalmazható technika
ii. A keverékösszetétel kén tartalmának minimalizálása és a kén egyensúly optimalizálása (lásd 3.4.3.2 pont)	A keverék-összetétel kén tartalmának minimalizálása az üveg végtermékkel szemben támasztott minőségi követelmények korlátain belül általánosan alkalmazható. A kén egyensúly optimalizálása az SO _x kibocsátások kiküszöbölése és a szilárd hulladékok (szűrőpor) kezelése közötti kompromisszumos megközelítést igényel.
iii. Alacsony kén tartalmú tüzelőanyagok alkalmazása (lásd 3.4.3.1 pont)	Alkalmazhatóságának korlátot szabhat a különböző tüzelőanyag-típusok elérhetősége, amelyre a tagállami energiapolitika is hatással lehet.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.3. pont ismerteti.	

4.17 Táblázat: Olvasztókemence SO_x kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a síküveg szektorban

Paraméter	Tüzelőanyag	BAT-AEL ⁽¹⁾	
		mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽²⁾
SO ₂ -ben kifejezett SO _x	Földgáz	<300-500	<0,75-1,25
	Tüzelőolaj ⁽³⁾⁽⁴⁾	500-1300	1,25-3,25

⁽¹⁾ Az alacsonyabb szintek olyan feltételekre vonatkoznak, amelyek esetén az SO_x csökkentése elsőbbséget élvez a szulfátban gazdag szűrőpor jelentette szilárd hulladék keletkezésének csökkentésével szemben.
⁽²⁾ A 2. táblázatban szereplő átszámítási tényezővel ($2,5 \times 10^{-3}$) számítva.
⁽³⁾ A kapcsolódó kibocsátási szintek az 1%-os kéntartalmú tüzelőolaj és másodlagos csökkentési technikák együttes alkalmazására vonatkoznak.
⁽⁴⁾ Nagy síküveg-kemencéket illető kapcsolódó elérhető kibocsátási szintek a kénegyensúly vizsgálatot igényelhetnek. A táblázatban szereplő értékek elérését megnehezítheti a szűrőpor újrahasznosításának együttes alkalmazása.

4.3.4 Olvasztó kemencékből származó hidrogén-klorid (HCl) és hidrogén-fluorid (HF)

A HCl és HF kibocsátásokkal kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.4 pontban vannak megadva.

28. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence HCl és HF kibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Alacsony klór- és fluortartalmú alapanyagok kiválasztása a keverék-összetételhez (lásd 3.4.4.1 pont)	Alkalmazhatóságának korlátot szabhatnak a létesítményben gyártott üveg típusával és az alapanyagok elérhetőségével összefüggő megkötések.
ii. Száraz vagy félszáraz mosó szűrő rendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	Általánosan alkalmazható technika.

⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.4. szakasz ismerteti.

4.18 Táblázat: Az olvasztókemence HCl és HF kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a síküveg szektorban

Paraméter	BAT-AEL	
	mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽¹⁾
HCl-ben kifejezett hidrogén-klorid ⁽²⁾	<10-25	<0,025-0,0625
HF-ben kifejezett hidrogén-fluorid	<1-4	<0,0025-0,010

⁽¹⁾ A 2. táblázatban szereplő átszámítási tényezővel ($2,5 \times 10^{-3}$) számítva.
⁽²⁾ A tartomány magasabb szintjei a szűrőpor keverék összetételben való újrahasznosításával függnek össze.

4.3.5 Olvasztó kemencékből származó fémek

A fémek kibocsátásaival kapcsolatos általános megfontolások a 3.8.3 pontban vannak megadva. Mindazonáltal, fémvegyületek használatosak lehetnek színező anyagként (lásd 2.2.1 pont).

29. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence fémkibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Alacsony fémtartalmú alapanyagok kiválasztása a keverék összetételhez (lásd 3.4.1.1 pont)	Alkalmazhatóságának korlátot szabhatnak a létesítményben gyártott üveg típusával és az alapanyagok elérhetőségével összefüggő megkötések.
i. Szűrő rendszer alkalmazása	
ii. Száraz vagy félszáraz mosó szűrőrendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	Általánosan alkalmazható technika
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.5. pont ismerteti.	

4.19 Táblázat: Olvasztókemence fémkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a síküveg szektorban, a szelénnel színezett üveg kivételével

Paraméter	BAT-AEL ⁽¹⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽²⁾
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI})	<0,2-1	<0,5-2,5x10 ⁻³
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn)	<1-5	<2,5-12,5x10 ⁻³
⁽¹⁾ A tartományok a füstgázokban mind szilárd, mind gázhalmazállapotban jelen lévő fémek összességére vonatkoznak.		
⁽²⁾ A 2. táblázatban szereplő átszámítási tényezővel (2,5 × 10 ⁻³) számítva.		

30. Ha az üveg színezésére szelénvegyületeket használnak, elérhető legjobb technika az olvasztókemence szelénkibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. A szelén keverék összetételéből történő kipárolgásának minimalizálása jobb megtartó képességű üveget eredményező és csökkent illékonyságú alapanyagok kiválasztásával (lásd 3.4.1.1 pont)	Alkalmazhatóságának korlátot szabhatnak a létesítményben gyártott üveg típusával és a alapanyagok elérhetőségével összefüggő megkötések.
i. Szűrő rendszer alkalmazása	
ii. Száraz vagy félszáraz mosó szűrő rendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	Általánosan alkalmazható technika
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.5. pont ismerteti.	

4.20 Táblázat: Olvasztókemence szelénkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a síkűveg szektorban színezett üveg gyártás esetén

Paraméter	BAT-AEL ^{(1) (2)}	
	mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽³⁾
Se-ben kifejezett szelén vegyületek	1-3	2,5-7,5x10 ⁻³
⁽¹⁾ Az értékek a füstgázokban mind szilárd, mind gázhalmazállapotban jelen lévő szelén összességére vonatkoznak. ⁽²⁾ Az alacsonyabb szintek olyan feltételekre vonatkoznak, amelyek esetén az Se kibocsátás csökkentése elsőbbséget élvez a szűrőporból származó szilárd hulladék keletkezésének csökkentésével szemben. Ebben az esetben magas sztöchiometrikus (reagens/szennyezőanyag) arányt alkalmaznak, és számottevő szilárdhulladék áram keletkezik. ⁽³⁾ A 2. táblázatban szereplő átszámítási tényezővel ($2,5 \times 10^{-3}$) számítva.		

4.3.6 További folyamatokból származó kibocsátások

A nem-olvasztási tevékenységekből származó kibocsátásokkal kapcsolatos általános megfontolások a 3.5.2 pontban vannak megadva, főként az SO₂-vel történő felület kezelés és a bevonati folyamatok tekintetében.

31. Elérhető legjobb technika a további folyamatok során a levegőbe történő kibocsátásoknak a csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. A síkűvegre felvitt bevonótermék veszteségek minimalizálása a felvivőrendszer jó tömítésének biztosítása révén	Általánosan alkalmazható technika
ii. A hűtőkemencében bekövetkező SO ₂ -veszteségek a szabályozórendszer optimális működtetése általi minimalizálása.	
iii. A hűtőkemence SO ₂ kibocsátásának az olvasztókemencéből származó füstgázzal történő elegyítése, amennyiben műszakilag kivitelezhető és ahol másodlagos kezelőrendszert (szűrőt és száraz vagy félszáraz mosót) alkalmaznak	
iv. Másodlagos technika alkalmazása, pl. nedves mosó, vagy száraz mosó és szűrő (lásd 3.4.3.3 és 3.4.3.4 pontok)	Általánosan alkalmazható technika. A technika kiválasztását és hatékonyságát a belépő füstgáz összetétele határozza meg
⁽¹⁾ A másodlagos kezelési rendszereket az 4.10.3. és 4.10.6. pont ismerteti	

4.21 Táblázat: További folyamatokból a levegőbe történő kibocsátásokra vonatkozó BAT-AEL értékek a síküveg szektorban, amikor e kibocsátásokat külön kezelik

Paraméter	BAT-AEL
	mg/Nm ³
Por	<15-20
HCl-ben kifejezett hidrogén-klorid	<10
HF-ben kifejezett hidrogén-fluorid	<1-5
SO ₂ -ben kifejezett SO _x	<200
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI})	<1
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn)	<5

4.4 BAT KÖVETKEZTETÉSEK FOLYAMATOS ÜVEGROST GYÁRTÁSRA

Folyamatos üvegrost gyártás nem volt még Magyarországon, és jelenleg sincs. E dokumentumban, ezért nem tárgyaljuk a vonatkozó témákat.

A folyamatos üvegrostra vonatkozó BAT következtetéseket lásd a 2012/134/EU számú bizottsági végrehajtási határozatban (2012.02.28), az ipari kibocsátásokról szóló 2010/75/EU európai parlamenti és tanácsi irányelv szerinti elérhető legjobb technikákkal (BAT) kapcsolatos következtetéseknek (32-től - 37-ig, valamint a táblázatok 22-től - 27-ig) az üveggyártás tekintetében történő meghatározásáról.

4.5 BAT KÖVETKEZTETÉSEK HÁZTARTÁSI ÜVEG GYÁRTÁSRA

Eltérő rendelkezés hiányában az e szakaszban ismertetett BAT következtetések minden háztartásiüveg gyártó létesítményre alkalmazhatók.

4.5.1 Olvasztó kemencékből származó por kibocsátások

38. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence füstgázaiból származó porkibocsátás csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

A por természetével és a közzé tett technikákkal kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.1, 3.4.1.2 és 3.4.1.3 pontokban vannak.

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Illékony összetevők csökkentése alapanyag módosítással (lásd 3.4.1.1 pont) A keverék-összetétel rendkívül illékony összetevőket (pl. bórt, fluoridokat) tartalmazhat, amelyek jelentősen hozzájárulnak az olvasztókemence porkibocsátásához	A gyártott üveg típusával és a helyettesítő alapanyagok elérhetőségével összefüggő korlátokon belül általában alkalmazható technika.
i. Elektromos olvasztás (lásd 3.2.1 pont)	Nagy mennyiségű (>300 tonna/nap) üvegyártás esetén nem alkalmazható. Nagy kihozatali változásokat igénylő gyártás esetén nem alkalmazható. Megvalósításához a kemence teljes átépítése szükséges.
ii. Oxigén-tüzelőanyag-tüzelésű olvasztás	A maximális környezeti előny teljes kemenceátépítéskor történő alkalmazás esetén érhető el.
iii. Szűrő rendszer: elektrosztatikus porleválasztó vagy zsákos szűrő (lásd 3.4.1.2 és 3.4.1.3 pontok)	Általánosan alkalmazható technikák
iv. Nedves mosó rendszer (lásd 3.4.3.4 pont)	Alkalmazhatósága speciális esetekre, így különösen elektromos olvasztókemencékre korlátozódik, amelyek esetén a füstgáz és a porkibocsátás mennyisége általában alacsony és a keverék összetétel kiporzáshoz kapcsolódik.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.5. és 4.10.7. pont ismerteti.	

4.228 Táblázat: Olvasztókemence porkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartási üveg szektorban

Paraméter	BAT-AEL	
	mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽¹⁾
Por	<10-20 ⁽²⁾	<0,03-0,06
	<1-10 ⁽³⁾	<0,003-0,03
⁽¹⁾ 3×10^{-3} átszámítási tényezővel számítva (lásd: 2. táblázat). Speciális gyártások esetén azonban eseti átszámítási tényező alkalmazása válhat szükségessé. ⁽²⁾ <80 t/nap kapacitású, mész-nátronüveget gyártó kemencék esetén a BAT-AEL értékeket gazdaságosan elérő megfontolásokat jelentettek. ⁽³⁾ Ez a BAT-AEL érték jelentős mennyiségű, az 1272/2008/EK rendelet szerint a veszélyes anyagok kritériumainak megfelelő összetevőket tartalmazó keverék összetételekre vonatkozik		

4.5.2 Olvasztó kemencékből származó nitrogén-oxidok (NO_x)

Az NO_x kibocsátások eredetére és a BAT-nak tekintett technikákra vonatkozó általános feltételezések a 3.4.2 pontban találhatók.

39. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence NO_x-kibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Tüzelés módosításai (lásd 3.4.2.1 pont)	
(a) A levegő-tüzelőanyag arány csökkentése	Hagyományos levegő-tüzelőanyag tüzelésű kemencékre alkalmazható. Előnyei optimális kemencekialakítással és -geometriával kombinált rendes vagy teljes kemenceátépítéssel használhatók ki teljes mértékben.
(b) Égéslevegő hőmérséklet csökkentése	Csak létesítményspecifikus körülmények között alkalmazható a kemence alacsonyabb hatásfoka és nagyobb tüzelőanyag-igénye (azaz regeneratív kemencék helyett rekuperatív kemencék alkalmazása) miatt.
(a) Többlépcsős tüzelés: • Tüzelőanyag többlépcsős beadagolása • Levegő többlépcsős beadagolása	A tüzelőanyag többlépcsős beadagolása a legtöbb hagyományos, levegő-tüzelőanyag-tüzelésű kemencére alkalmazható. A levegő többlépcsős beadagolásának alkalmazhatósága műszaki bonyolultsága miatt igen korlátozott.
(c) Füstgáz visszavezetése	E technika alkalmazhatósága a speciális, a füstgázt automatikusan visszavezető égőkre korlátozódik.
(d) Alacsony NO _x égők	Általánosan alkalmazható technika. Az elért környezeti előny keresztültüzelésű, gáztüzelésű kemencékre történő alkalmazás esetén a műszaki korlátok és a kevésbé rugalmas kemence miatt általában kisebb. Előnyei optimális kemencetervezéssel és -geometriával kombinált rendes vagy teljes kemenceátépítéssel használhatók ki teljes mértékben.
(e) Tüzelőanyag kiválasztás	Alkalmazhatóságának korlátot szab a különböző tüzelőanyag-típusok elérhetősége, amelyre a tagállami energiapolitika is hatással lehet.
ii. Speciális kemence kialakítás (lásd 3.4.2.3 pont)	Alkalmazhatósága a nagyarányú (>70%) idegen cserepet tartalmazó keverék összetételekre korlátozódik. Alkalmazásához az olvasztókemence teljes átépítése szükséges. A kemence alakja (hosszú és keskeny) térbeli akadályokat jelenthet.
iii. Elektromos olvasztás (lásd 3.2.1 pont)	Nagy mennyiségű (>300 tonna/nap) üveggyártás esetén nem alkalmazható. Nagy kihozatali változásokat igénylő gyártás esetén nem alkalmazható. Megvalósításához a kemence teljes átépítése szükséges.
iv. Oxigén-tüzelőanyag-tüzelésű olvasztás (lásd 3.4.2.5 pont)	A maximális környezeti előny teljes kemenceátépítéskor történő alkalmazás esetén érhető el.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.2. pont ismerteti.	

4.239 Táblázat: Olvasztókemence NO_x-kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartási üveg szektorban

Paraméter	BAT	BAT-AEL	
		mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽¹⁾
NO ₂ -ben kifejezett NO _x	Tüzelés módosításai, speciális kemence kialakítás	<500-1000	<1,25-2,5
	Elektromos olvasztás	<100	<0,3
	Oxigén-tüzelőanyag-tüzelésű olvasztás ⁽²⁾	Nem alkalmazható	<0,5-1,5
⁽¹⁾ $2,5 \times 10^{-3}$ átszámítási tényezőt alkalmaztak tüzelés módosítások és speciális kemencekialakítás esetén, illetve 3×10^{-3} átszámítási tényezőt alkalmaztak elektromos olvasztás esetén (lásd: 2. táblázat). Speciális gyártások esetén azonban eseti átszámítási tényező alkalmazása válhat szükségessé. ⁽²⁾ Az elérhető szintek a rendelkezésre álló földgáz és oxigén minőségétől (nitrogéntartalmától) függnének.			

40. Ha a keverék-összetétel nitrátokat tartalmaz, elérhető legjobb technikának számít az NO_x kibocsátás ezen alapanyagok használatának minimalizálásával, valamint ezzel egyidejűleg elsődleges vagy másodlagos technikák alkalmazásával történő csökkentése.

A BAT-AEL értékeket a 4.29. táblázat tartalmazza.

Amennyiben a keverék-összetételben korlátozott számú, rövid kemencekampányhoz, vagy <100 tonna/nap kapacitású, speciális mész-nátronüveg típusokat (fehér/ultra fehér üveget vagy szelénnel színezett üveget) és egyéb speciális üvegfajtákat (azaz boroszilikátot, üvegkerámiát, opálüveget, kristályt és ólomkristályt) gyártó olvasztókemencék esetében használnak nitrátokat, a BAT-AEL értékek a 4.30. táblázatban találhatók.

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
Elsődleges technikák: Nitrátok használatának minimalizálása a keverék összetételben A nitrátokat nagyon magas minőségű, rendkívül színtelen (fehér) üveget igénylő termékekhez, vagy speciális üveg előállításához használják. Hatékony alternatív anyagok a szulfátok, az arzén-oxidok és a cérium-oxid.	A keverék-összetételben használt nitrátok kiváltását korlátozhatja az alternatív anyagok magas költsége és/vagy nagyobb környezeti hatása
⁽¹⁾ A technikát az 4.10.2. pont ismerteti.	

4.24 Táblázat: Olvasztókemence NO_x-kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartási üveg szektorban, amennyiben a keverék összetételben korlátozott számú, rövid kemencekampányhoz, vagy napi 100 tonnánál kisebb kapacitású, speciális mésznátronüveg típusokat (fehér/ultra fehér üveget vagy szelénnel színezett üveget) és egyéb speciális üvegfajtákat (azaz boroszilikátot, üvegkerámiát, opálüveget, kristályt és ólomkristályt) gyártó olvasztókemencék esetében használnak nitrátokat

Paraméter	Kemence típusa	BAT-AEL	
		mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg
NO ₂ -ben kifejezett NO _x	Hagyományos tüzelőanyag/levegő kemencék	<500-1500	<1,25-3,75 ⁽¹⁾
	Elektromos olvasztás	<300-500	<8-10

A 4.2. táblázatban a nátronüveghez megadott átszámítási tényezővel ($2,5 \times 10^{-3}$) számítva.

4.5.3 Olvasztó kemencékből származó kén-oxidok (SO_x)

A kén-oxidok kibocsátásaival kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.3 pontban vannak megadva.

41. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence SO_x kibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. A keverék összetétel kén tartalmának minimalizálása és a kén mérleg optimalizálása (lásd 3.4.3.2 pont)	A keverék-összetétel kén tartalmának minimalizálása az üveg végtermékkel szemben támasztott minőségi követelmények korlátain belül általánosan alkalmazható. A kénegyensúly optimalizálása az SO _x -kibocsátások kiküszöbölése és a szilárd hulladékok (szűrőpor) kezelése közötti kompromisszumos megközelítést igényel.
ii. Alacsony kén tartalmú tüzelőanyagok használata (lásd 3.4.3.1 pont)	Alkalmazhatóságának korlátot szabhat az alacsony kén tartalmú tüzelőanyagok elérhetősége, amelyre a tagállami energiapolitika is hatással lehet.
iii. Száraz vagy félszáraz mosó lépcső egy szűrő rendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	Általánosan alkalmazható technika.

⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.3. pont ismerteti.

4.251 Táblázat: Olvasztókemence SO_x-kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartási üveg szektorban

Paraméter	Tüzelőanyag/olvasztási technika	BAT-AEL	
		mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽¹⁾
SO _x SO ₂ -ként kifejezve	Földgáz	<200-300	<0,5-0,75
	Tüzelőolaj ⁽²⁾	<1000	<2,5
	Elektromos olvasztás	<100	<0,25

⁽¹⁾ $2,5 \times 10^{-3}$ átszámítási tényezővel számítva (lásd: 2. táblázat). Speciális gyártások esetén azonban eseti átszámítási tényező alkalmazása válhat szükségessé.

⁽²⁾ A szintek az 1%-os kéntartalmú tüzelőolaj és másodlagos csökkentési technikák együttes alkalmazására vonatkoznak.

4.5.4 Olvasztó kemencéből származó hidrogén-klorid (HCl) és hidrogén-fluorid (HF)

A HCl és HF kibocsátásokkal kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.4 pontban vannak megadva.

42. Elérhető legjobb technika az olvasztó kemencéből származó HCl és HF kibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Alacsony klór és fluortartalmú alapanyagok kiválasztása a keverék-összetételhez (lásd 3.4.4.1 pont)	Alkalmazhatóságának korlátot szabhatnak a létesítményben gyártott üvegtípushoz használt keverék-összetétellel összefüggő megkötések, valamint az alapanyagok elérhetősége.
ii. Keverék összetétel fluorid tartalmának minimalizálása és a fluorid tömeg egyensúly optimalizálása (lásd 3.4.4.1 pont) Az olvasztási folyamat fluorkibocsátása a keverék összetételben használt fluorvegyületek (pl. folyópát) mennyiségének a végtermék minőségével arányos legalacsonyabb szintre történő minimalizálása/csökkentése révén minimalizálható. A fluorvegyületeket az üveg opállossá vagy homályossá tétele érdekében adják hozzá a keverék-összetételhez	A végtermékkel szemben támasztott minőségi követelmények keretein belül általánosan alkalmazható technika.
iii. Száraz vagy fűlszáraz mosórendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	Általánosan alkalmazható technika.
iv. Nedves mosó (lásd 3.4.3.4 pont)	A technika általában alkalmazható a műszaki korlátokon belül; pl. igény egy speciális szennyvíz kezelő üzemre. A technika alkalmazhatóságának korlátot szabhatnak a magas költségek, valamint szennyvíztisztítási szempontok, ideértve a víztisztításból visszamaradó iszap vagy szilárd anyagok újrahasznosításával kapcsolatos korlátokat.

⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.4. és 4.10.6. pont ismerteti.

4.262 Táblázat: Olvasztókemence HCl és HF kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartási üveg szektorban

Paraméter	BAT-AEL	
	mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽¹⁾
HCl-ben kifejezett hidrogén-klorid ⁽²⁾ ⁽³⁾	<10–20	<0,03–0,06
HF-ben kifejezett hidrogén-fluorid ⁽⁴⁾	<1–5	<0,003–0,015
⁽¹⁾ 3×10^{-3} átszámítási tényezővel számítva (lásd: 2. táblázat). Speciális gyártások esetén azonban eseti átszámítási tényező alkalmazása válhat szükségessé. ⁽²⁾ Az alacsonyabb szintek elektromos olvasztás alkalmazásához kapcsolódnak. ⁽³⁾ Amennyiben finomító anyagként KCl-t vagy NaCl-t alkalmaznak, a BAT-AEL érték a következő: <30 mg/Nm ³ vagy <0,09 kg/tonna olvadt üveg. ⁽⁴⁾ Az alacsonyabb szintek elektromos olvasztás alkalmazásához kapcsolódnak. A magasabb szintek opálüveg gyártásával, a szűrőpor újrahasznosításával vagy nagyarányú idegen üvegcserepet tartalmazó keverék összetétel használatával függenek össze.		

4.5.5 Olvasztó kemencékből származó fémek

A fémek kibocsátásaival kapcsolatos általános megfontolások a 3.8.3 pontban vannak megadva.

43. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence fémkibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Alacsony fémtartalmú alapanyagok kiválasztása a keverék-összetételhez (lásd 3.4.1.1 pont)	Alkalmazhatóságának korlátot szabhatnak a létesítményben gyártott üveg típusával és az alapanyagok elérhetőségével összefüggő megkötések.
ii. A fémvegyületek keverék összetételben való alkalmazásának a megfelelő alapanyagok kiválasztásával történő minimalizálása olyan esetekben, amelyekben az üveget színeztetni kell, vagy amelyekben az üveget speciális tulajdonságokkal ruhazzák fel	Kristály és ólomüveg gyártása esetén a keverék összetételben használt fémvegyületek minimalizálásának korlátot szabnak az üveg végtermék vegyi összetételét osztályozó 69/493/EGK irányelvben foglalt határértékek.
iii. Száraz vagy félszáraz mosó szűrőrendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	Általánosan alkalmazható technika.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.5. pont ismerteti	

4.273 Táblázat: Olvasztókemence fémkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartási üveg szektorban, a szelénnel színtelenített üveg kivételével

Paraméter	BAT-AEL ⁽¹⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽²⁾
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI})	<0,2-1	<0,6-3x10 ⁻³
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn)	<1-5	<3-15x10 ⁻³
⁽¹⁾ A szintek a füstgázokban mind szilárd, mind gázhalmazállapotban jelen lévő fémek összességére vonatkoznak. ⁽²⁾ 3×10^{-3} átszámítási tényezővel számítva (lásd: 4.2. táblázat). Speciális gyártások esetén azonban eseti átszámítási tényező alkalmazása válhat szükségessé.		

44. Ha az üveg szintelenítésére szelénvegyületeket használnak, elérhető legjobb technika az olvasztókemence szelénkibocsátásának az alábbi technikák legalább egyikét alkalmazva történő csökkentése:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. A szelénvegyületek keverék-összetételben való alkalmazásának a megfelelő alapanyagok kiválasztásával való minimalizálása (lásd 3.4.1.1 pont)	Alkalmazhatóságának korlátot szabhatnak a létesítményben gyártott üveg típusával és az alapanyagok elérhetőségével összefüggő megkötések.
ii. Száraz vagy félszáraz mosó rendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	Általánosan alkalmazható technika.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.5. pont ismerteti.	

4.284 Táblázat: Olvasztókemence szelénkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartási üveg szektorban, amennyiben a szelénvegyületeket az üveg szintelenítésére használják

Paraméter	BAT-AEL ⁽¹⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽²⁾
Se-ben kifejezett szelénvegyületek	<1	3x10 ⁻³
⁽¹⁾ Az értékek a füstgázokban mind szilárd, mind gázhalmazállapotban jelen lévő szelén összességére vonatkoznak.		
⁽²⁾ 3 × 10 ⁻³ átszámítási tényezővel számítva (lásd: 4.2. táblázat). Speciális gyártások esetén azonban eseti átszámítási tényező alkalmazása válhat szükségessé.		

45. Ha ólomkristály üveg gyártásához ólomvegyületeket használnak, elérhető legjobb technika az olvasztókemence ólomkibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Elektromos olvasztás (lásd 3.2.1 pont)	Nagy mennyiségű (>300 tonna/nap) üveggyártás esetén nem alkalmazható. Nagy kihozatali változásokat igénylő gyártás esetén nem alkalmazható. Megvalósításához a kemence teljes átépítése szükséges.
ii. Zsákos szűrő (lásd 3.4.1.3 pont)	Általánosan alkalmazható technika.
iii. Elektrosztatikus porleválasztó (lásd 3.4.1.2 pont)	
iv. Száraz vagy félszáraz mosó szűrő rendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	
⁽¹⁾ A technikát az 4.10.1. és 4.10.5. pont ismerteti.	

4.295 Táblázat: Olvasztókemence ólomkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartásiüveg szektorban, amennyiben az ólomvegyületeket ólomkristály üveg gyártására használják

Paraméter	BAT-AEL ⁽¹⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽²⁾
Pb-ben kifejezett ólomvegyületek	<0,5-1	<1-3x10 ⁻³
⁽¹⁾ Az értékek a füstgázokban mind szilárd, mind gázhalmazállapotban jelen lévő ólom összességére vonatkoznak.		
⁽²⁾ 3×10^{-3} átszámítási tényezővel számítva (lásd: 4.2. táblázat). Speciális gyártások esetén azonban eseti átszámítási tényező alkalmazása válhat szükségessé.		

4.5.6 További folyamatokból származó kibocsátások

A további folyamatokból származó kibocsátásokkal kapcsolatos általános megfontolások a 3.5.3 pontban vannak megadva.

46. Porképződéssel járó további folyamatok esetén elérhető legjobb technika a por- és fémkibocsátás csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Porképződéssel járó műveletek (pl. vágás, csiszolás, polírozás) folyadék alatti elvégzése (lásd 3.5.3 pont)	Általánosan alkalmazható technikák.
ii. Zsákos szűrő rendszer alkalmazása (lásd 3.4.1.3 pont)	
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.8. pont ismerteti.	

4.306 Táblázat: Porképződéssel járó további folyamatokból a levegőbe történő kibocsátásokra vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartásiüveg szektorban, ha a kibocsátásokat külön kezelik

Paraméter	BAT-AEL
	mg/Nm ³
Por	<1-10
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI}) ⁽¹⁾	<1
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn) ⁽¹⁾	<1-5
Pb-ben kifejezett ólomvegyületek ⁽²⁾	<1-1,5
⁽¹⁾ Az értékek a füstgázban jelen lévő fémek összességére vonatkoznak.	
⁽²⁾ A szintek az ólomkristály üveg további folyamataira vonatkoznak.	

47. Savpolírozási folyamatok esetén elérhető legjobb technika a HF kibocsátás csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. A polírozó termékben bekövetkező veszteségek minimalizálása az alkalmazórendszer jó tömítésének biztosítása révén	Általánosan alkalmazható technikák.
ii. Másodlagos technika, pl. nedves mosó alkalmazása (lásd 3.4.3.4 pont)	
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.6. pont ismerteti.	

4.317 Táblázat: Savpolírozási folyamatok HF kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a háztartásiüveg szektorban, ha e kibocsátásokat külön kezelik

Paraméter	BAT-AEL
	mg/Nm ³
HF-ben kifejezett hidrogén-fluorid	<5

4.6 BAT KÖVETKEZTETÉSEK SPECIÁLIS ÜVEG GYÁRTÁSRA

Eltérő rendelkezés hiányában az e szakaszban ismertetett BAT következtetések minden, speciális üveget gyártó létesítményre alkalmazhatók.

4.6.1 Olvasztó kemencéből származó por kibocsátások

A por természetével és a közzé tett technikákkal kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.1, 3.4.1.2 és 3.4.1.3 pontokban vannak.

48. Elérhető technika az olvasztókemence füstgázaiból származó porkibocsátás csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Az illékony összetevők csökkentése az alapanyag módosításával (lásd 3.4.1.1 pont) A keverék összetétel rendkívül illékony összetevőket (pl. bórt, fluoridokat) tartalmazhat, amelyek az olvasztókemence által kibocsátott por fő alkotóelemei	A gyártott üveg minőségével összefüggő korlátokon belül általánosan alkalmazható technika.
ii. Elektromos olvasztás (lásd 3.2.1 pont)	Nagy mennyiségű (>300 tonna/nap) üvegyártás esetén nem alkalmazható. Nagy kihozatali változásokat igénylő gyártás esetén nem alkalmazható. Megvalósításához a kemence teljes átépítése szükséges.
iii. Szűrő rendszer: elektrosztatikus porleválasztó vagy zsákos szűrő (lásd 3.4.1.2 és 3.4.1.3 pontok)	Általánosan alkalmazható technika.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.1. szakasz ismerteti.	

4.328 Táblázat: Olvasztókemence porkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a speciális üveg szektorban

Paraméter	BAT-AEL	
	mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽¹⁾
Por	<10-20	<0,03-0,13
	<1-10 ⁽²⁾	<0,003-0,065
⁽¹⁾ A BAT-AEL-tartomány alsó és felső értékének meghatározásához a $2,5 \times 10^{-3}$ és a $6,5 \times 10^{-3}$ átszámítási tényezőt alkalmazták (lásd: 2. táblázat), és helyenként közelítő értékeket használtak. A gyártott üveg típusától függően azonban eseti átszámítási tényező alkalmazása válik szükségessé (lásd: 2. táblázat).		
⁽²⁾ Ezek a BAT-AEL értékek jelentős mennyiségű, az 1272/2008/EK rendelet szerint a veszélyes anyagok kritériumainak megfelelő összetevőket tartalmazó keverék összetételekre vonatkoznak.		

4.6.2 Olvasztó kemencékből származó nitrogén-oxidok (NO_x)

Az NO_x kibocsátások eredetére és a BAT-nak tekintett technikákra vonatkozó általános feltételezések a 3.4.2 pontban jelennek meg.

49. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence NO_x-kibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

I. elsődleges technikák, például:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Tüzelés módosításai (lásd 3.4.2.1 pont)	
(a) Levegő/tüzelőanyag arány csökkentése	Hagyományos levegő-tüzelőanyag-tüzelésű kemencékre alkalmazható. Előnyei optimális kemencekialakítással és -geometriával kombinált rendes vagy teljes kemenceátépítéssel használhatók ki teljes mértékben.
(b) Égéslevegő hőmérséklet csökkentés	Alkalmazhatósága létesítményspecifikus körülmények közötti használatra korlátozódik a kemence alacsonyabb hatásfoka és nagyobb tüzelőanyag-igénye (azaz regeneratív kemencék helyett rekuperatív kemencék alkalmazása) miatt.
(c) Többlepcsős tüzelés: • Tüzelőanyag többlepcsős beadagolása ▪ Levegő többlepcsős beadagolása	A tüzelőanyag többlepcsős beadagolása a legtöbb hagyományos, levegő-tüzelőanyag tüzelésű kemencére alkalmazható. A levegő többlepcsős beadagolásának alkalmazhatósága technikai összetettsége miatt igen korlátozott.
(d) Füstgáz visszavezetése	Alkalmazhatóságának korlátot szab a különböző tüzelőanyag-típusok elérhetősége, amelyre a tagállami energiapolitika is hatással lehet.
ii. Elektromos olvasztás (lásd 3.2.1 pont)	Nagy mennyiségű (>300 tonna/nap) üveggyártás esetén nem alkalmazható. Nagy kihozatali változásokat igénylő gyártás esetén nem alkalmazható. Megvalósításához a kemence teljes átépítése szükséges.
iii. Oxigén-tüzelőanyag-tüzelésű olvasztás (lásd 3.4.2.5 pont)	A maximális környezeti előny teljes kemenceátépítéskor történő alkalmazás esetén érhető el.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.2. pont ismerteti.	

II. másodlagos technikák, például:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Szelektív katalitikus redukció (SCR) (lásd 3.4.2.7 pont)	Az alkalmazás fejlett porcsökkentési rendszert igényelhet azért, hogy a garantálni lehessen a 10-15 mg/Nm³ alatti por koncentrációt és a kénmentes állapotot az SO_x kibocsátás csökkentésénél. Az optimális üzemeltetési hőmérséklet tartomány miatt alkalmazhatósága az elektrosztatikus porleválasztók használatára korlátozódik. A technikát zsákos szűrő rendszernél általában nem alkalmazzák, mivel az alacsony, 180 és 200°C közötti üzemi hőmérséklet a füstgáz újramelegítését tenné szükségessé. A technika megvalósításának jelentős helyigénye lehet.
ii. Szelektív nem katalitikus redukció (SNCR) (lásd 3.4.2.8 pont)	Igen korlátozott az alkalmazhatósága hagyományos regeneratív kemencék esetén, amelyeknél a megfelelő hőmérsékleti tartományt nehéz elérni vagy az nem teszi lehetővé a füstgáznak a reagenssel való megfelelő keverését. Osztott regenerátorral rendelkező, új regeneratív kemencék esetén lehetséges az alkalmazása, azonban a hőmérsékleti tartományt a kamrák közötti tüzelésváltás okozta ciklikus hőmérsékletváltozás miatt nehéz fenntartani.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.2. pont ismerteti.	

4.339 Táblázat: Olvasztókemence NO_x-kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a speciális üveg szektorban

Paraméter	BAT	BAT-AEL	
		mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽¹⁾
NO ₂ -ben kifejezett NO _x	Tüzelés módosításai	600-800	1,5-3,2
	Elektromos olvasztás	<100	0,25-0,4
	Oxigén-tüzelőanyag-tüzelésű olvasztás ⁽²⁾ ⁽³⁾	Nem alkalmazható	<1-3
	Másodlagos technikák	<500	<1-3
⁽¹⁾ A BAT-AEL tartomány alacsonyabb és magasabb értékének meghatározásához a $2,5 \times 10^{-3}$ és a 4×10^{-3} átszámítási tényezőt alkalmazták (lásd: 2. táblázat), és helyenként közelítő értékeket használtak. Ugyanakkor a gyártás típusától függően eseti átszámítási tényező alkalmazása válik szükségessé (lásd: 4.2. táblázat). ⁽²⁾ A magasabb értékek különleges, gyógyszerészeti használatú boroszilikátüveg csövek gyártásához kapcsolódnak. ⁽³⁾ Az elérhető szintek a rendelkezésre álló földgáz és oxigén minőségétől (nitrogéntartalmától) függenek.			

50. Ha a keverék-összetétel nitrátokat tartalmaz, elérhető legjobb technikának számít az NO_x-kibocsátások csökkentésére ezen alapanyagok használatának minimalizálása, és ezzel egyidejűleg vagy elsődleges, vagy másodlagos technikák alkalmazása

A keverék összetételben jelenlévő nitrátokkal kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.2.2 pontban jelennek meg.

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
Elsődleges technikák A nitrátok használatának minimalizálása a keverék összetételben A nitrátokat olyan, nagyon magas minőségű termékekhez használják, amelyek esetén az üvegnek speciális tulajdonságokkal kell rendelkeznie. Hatékony alternatív anyagok a szulfátok, az arzén-oxidok és a cérium-oxid	A keverék-összetételben használt nitrátok kiváltását korlátozhatja az alternatív anyagok magas költsége és/vagy nagyobb környezeti hatása.
⁽¹⁾ A technikát az 4.10.2. pont ismerteti.	

4.34 Táblázat: Olvasztókemence NO_x kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a speciális üveg szektorban, amennyiben a keverék-összetétel nitrátokat tartalmaz

Paraméter	BAT	BAT-AEL ⁽¹⁾	
		mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽²⁾
NO ₂ -ben kifejezett NO _x	A keverék összetételbe bevitt nitrátok minimalizálása és ezzel egyidejűleg elsődleges vagy másodlagos technikák alkalmazása	<500-1000	<1-6
⁽¹⁾ Az alacsonyabb szintek elektromos olvasztás alkalmazásához kapcsolódnak. ⁽²⁾ A BAT-AEL tartomány alacsonyabb és magasabb értékének meghatározásához a $2,5 \times 10^{-3}$ és a $6,5 \times 10^{-3}$ átszámítási tényezőt alkalmazták, és helyenként közelítő értékeket használtak. A gyártás típusától függően eseti átszámítási tényező alkalmazása válhat szükségessé (lásd: 4.2. táblázat).			

4.6.3 Olvasztó kemencékből származó kén-oxidok (SO_x)

A kén-oxidok kibocsátásaival kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.3 pontban jelennek meg.

51. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence SO_x kibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. A keverék-összetétel kén tartalmának minimalizálása és a kén egyensúly optimalizálása (lásd 3.4.3.2 pont)	Az üveg végtermékkel szemben támasztott minőségi követelmények korlátain belül általában alkalmazható technika.
ii. Alacsony kéntartalmú tüzelőanyagok használata (lásd 3.4.3.1 pont)	Alkalmazhatóságának korlátot szabhat az alacsony kéntartalmú tüzelőanyagok elérhetősége, amelyre a tagállami energiapolitika is hatással lehet.
iii. Száraz vagy félszáraz mosó szűrő rendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	Általánosan alkalmazható technika.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.3. pont ismerteti.	

4.351 Táblázat: Táblázat: Olvasztó kemence SO_x kibocsátásra vonatkozó BAT-AEL értékek a speciális üveg szektorban

Paraméter	Tüzelőanyag/olvasztási technika	BAT-AEL ⁽¹⁾	
		mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽²⁾
SO ₂ -ben kifejezett SO _x	Földgáz, elektromos olvasztás ⁽³⁾	<30–200	<0,08–0,5
	Tüzelőolaj ⁽⁴⁾	500–800	1,25–2

⁽¹⁾ A tartományok figyelembe veszik a gyártott üveg típusának függvényében változó kénegyensúlyt.
⁽²⁾ $2,5 \times 10^{-3}$ átszámítási tényezővel számítva (lásd: 2. táblázat). A gyártás típusától függően azonban eseti átszámítási tényező alkalmazása válhat szükségessé.
⁽³⁾ Az alacsonyabb szintek elektromos olvasztásra és kénmentes keverék összetételek alkalmazására vonatkoznak.
⁽⁴⁾ A kapcsolódó kibocsátási szintek az 1%-os kéntartalmú tüzelőolaj és másodlagos csökkentési technikák együttes alkalmazására vonatkoznak.

4.6.4 Olvasztó kemencékből származó hidrogén-klorid (HCl) és hidrogén-fluorid (HF)

A HCl és HF kibocsátásokkal kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.4 pontban jelennek meg.

52. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence HCl- és HF-kibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Alacsony klór- és fluortartalmú alapanyagok kiválasztása a keverék összetételhez (lásd 3.4.4.1 pont)	Alkalmazhatóságának korlátot szabhatnak a létesítményben gyártott üvegtípushoz használt keverék-összetétellel, valamint az alapanyagok elérhetőségével összefüggő megkötések.
ii. A keverék összetételben használt fluor és/vagy klórvegyületek minimalizálása és a fluor- és/vagy klór tömegegyensúly optimalizálása (lásd 3.4.4.1 pont) A fluorvegyületeket speciális üvegfajták (azaz opál világítási üveg, optikai üveg) meghatározott tulajdonságokkal való felruházására használják. A klórvegyületeket tisztulást elősegítő anyagként alkalmazhatják boroszilikát üveg gyártása során.	A végtermékkel szemben támasztott minőségi követelmények korlátain belül általánosan alkalmazható technika.
i. Száraz vagy felszáraz mosó szűrő rendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	Általánosan alkalmazható technika.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.4. pont ismerteti.	

4.362 Táblázat: Olvasztókemence HCl és HF kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a specális üveg szektorban

Paraméter	BAT-AEL	
	mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽¹⁾
HCl-ben kifejezett hidrogén-klorid ⁽²⁾	<10-20	<0,03-0,05
HF-ben kifejezett hidrogén-fluorid	<1-5	<0,003-0,04
⁽¹⁾ $2,5 \times 10^{-3}$ átszámítási tényezőt alkalmaztak (lásd: 4.2. táblázat) és helyenként közelítő értékeket használtak. A gyártás típusától függően eseti átszámítási tényező alkalmazása válhat szükségessé. ⁽²⁾ A magasabb szintek klórtartalmú anyagok keverék összetételben való használatára vonatkoznak. ⁽³⁾ A tartomány legmagasabb értéke fajlagos jelentett adatokon alapul.		

4.6.5 Olvasztó kemencékből származó fémek

A fémek kibocsátásaival kapcsolatos általános megfontolások a 3.8.3 pontban jelennek meg.

53. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence fémkibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Alacsony fém tartalmú alapanyagainak kiválasztása a leverék összetételhez (lásd 3.4.1.1 pont)	Alkalmazhatóságának korlátot szabhatnak a létesítményben gyártott üveg típusával és az alapanyagok elérhetőségével összefüggő megkötések.
ii. A fémvegyületek keverék összetételben való alkalmazásának a megfelelő alapanyagok kiválasztásával történő minimalizálása olyan esetekben, amelyekben az üveget színeztetni kell, vagy amelyekben az üveget speciális tulajdonságokkal ruházzák fel.	Általánosan alkalmazható technikák.
iii. Száraz vagy félszáraz mosó szűrőrendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.5. pont ismerteti.	

4.373 Táblázat: Olvasztókemence fémkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a speciális üveg szektorban

Paraméter	BAT-AEL ⁽¹⁾⁽²⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽³⁾
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI})	<0,1-1	<0,3-3x10 ⁻³
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn)	<1-5	<3-15x10 ⁻³
⁽¹⁾ A szintek a füstgázokban mind szilárd, mind gázhalmazállapotban jelen lévő fémek összességére vonatkoznak. ⁽²⁾ Az alacsonyabb szintek olyan esetekre vonatkozó BAT-AEL értékek, amelyekben a fémvegyületek nem szándékosan kerültek a keverék összetételbe. ⁽³⁾ $2,5 \times 10^{-3}$ átszámítási tényezőt alkalmaztak (lásd: 4.2. táblázat) és a táblázatban feltüntetett bizonyos értékek csak közelítőek. A gyártás típusától függően eseti átszámítási tényező alkalmazása válhat szükségessé.		

4.6.6 További folyamatokból származó kibocsátások

A további folyamatokból származó kibocsátásokkal kapcsolatos általános megfontolások a 3.5.4 pontban jelennek meg.

54. Porképződéssel járó további folyamatok esetén elérhető legjobb technika a por- és fémkibocsátás csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Porképződéssel járó műveletek (pl. vágás, csiszolás, polírozás) folyadék alatti elvégzése (lásd 3.5.3 pont)	Általánosan alkalmazható technikák.
ii. Zsákos szűrő rendszer alkalmazása (lásd 3.4.1.3 pont)	
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.8. pont ismerteti.	

4.384 Táblázat: További folyamatok por és fémkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a speciális üveg szektorban, ha e kibocsátásokat külön kezelik

Paraméter	BAT-AEL
	mg/Nm ³
Por	1-10
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI}) ⁽¹⁾	<1
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn) ⁽¹⁾	<1-5
⁽¹⁾ Az értékek a füstgázban jelen lévő fémek összességére vonatkoznak.	

55. Savpolírozási folyamatok esetén elérhető legjobb technika a HF kibocsátás csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Polírozó termékben bekövetkező veszteségek minimalizálása a felvivő rendszer jó tömítésének biztosításával	Általánosan alkalmazható technikák.
ii. Másodlagos technika pl. nedves mosó alkalmazása (lásd 3.4.3.4 pont)	
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.6. pont ismerteti.	

4.395 Táblázat: Savpolírozási folyamatok HF kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a speciális üveg szektorban, ha e kibocsátásokat külön kezelik

Paraméter	BAT-AEL
	mg/Nm ³
HF-ben kifejezett hidrogén-fluorid	<5

4.7 BAT KÖVETKEZTETÉSEK ÁSVÁNYGYAPOT GYÁRTÁSRA

Eltérő rendelkezés hiányában az e pontban ismertetett BAT következtetések minden, ásványgyapotot gyártó létesítményre alkalmazhatók.

4.7.1 Az olvasztó kemencék porkibocsátása

Az üvegyapot gyártásnál lévő por természete és annak képződési elve a füstgázban jelenlévő bór vegyületek (lásd 3.4.1 pont) magas szintjével kapcsolatosak, és a porcsökkentő rendszer kiválasztásakor ezt figyelembe kell venni.

A részecske anyag természetével és a közzé tett technikákkal kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.1, 3.4.1.2 és 3.4.1.3 pontokban vannak.

56. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence füstgázaiból eredő porkibocsátás csökkentésére az elektrosztatikus porleválasztó vagy zsákos szűrős rendszer alkalmazása

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Szűrő rendszer: elektrosztatikus porleválasztó vagy zsákos szűrő	Általánosan alkalmazható technika. Az elektrosztatikus porleválasztók közetgyapot gyártásra használt kupolókemencékben a kemencében keletkező szén-monoxid meggyulladása miatti robbanásveszély következtében nem alkalmazhatók.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.1. pont ismerteti.	

4.406 Táblázat: Olvasztókemence porkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek az ásványgyapot szektorban

Paraméter	BAT-AEL	
	mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽¹⁾
Por	<10-20	<0,02-0,050
⁽¹⁾ A BAT-AEL tartomány alsó és felső értékének meghatározására a 2×10^{-3} és a $2,5 \times 10^{-3}$ átszámítási tényezőt alkalmazták (lásd: 4.2. táblázat), hogy azok mind az üvegyapot, mind a közetgyapot gyártására kiterjedjenek.		

4.7.2 Olvasztó kemencékből származó nitrogén-oxidok (NO_x)

Az NO_x kibocsátások eredetére és a BAT-nak tekintett technikákra vonatkozó általános feltételezések a 3.4.2 pontban jelennek meg.

57. Elérhető legjobb technika az olvasztó kemencéből származó NO_x kibocsátások csökkentésére a következő technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Tüzelés módosításai (lásd 3.4.2.1 pont)	
(a) Levegő-tüzelőanyag arány csökkentés	Hagyományos, levegő-tüzelőanyag tüzelésű kemencékre alkalmazható. Előnyei optimális kemencekialakítással és -geometriával kombinált rendes vagy teljes kemenceátépítéssel használhatók ki teljes mértékben.
(b) Égéslevegő hőmérséklet csökkentés	Csak létesítményspecifikus körülmények között alkalmazható a kemence alacsonyabb hatásfoka és nagyobb tüzelőanyag-igénye (azaz regeneratív kemencék helyett rekuperatív kemencék alkalmazása) miatt.
(c) Többlépcsős tüzelés: • Tüzelőanyag többlépcsős beadagolása • Levegő többlépcsős beadagolása	A tüzelőanyag többlépcsős beadagolása a legtöbb hagyományos, levegő-tüzelőanyag tüzelésű kemencére alkalmazható. A levegő többlépcsős beadagolásának alkalmazhatósága technikai összetettsége miatt igen korlátozott.
(d) Füstgáz visszavezetés	E technika alkalmazhatósága a speciális, a füstgázt automatikusan visszavezető égőkre korlátozódik.
(e) Alacsony NO _x égők	Általánosan alkalmazható technika. Az elért környezeti előny keresztüztüzelésű, gáztüzelésű kemencékre történő alkalmazás esetén a műszaki korlátok és a kevésbé rugalmas kemence miatt általában kisebb. Előnyei optimális kemencekialakítással és -geometriával kombinált rendes vagy teljes kemenceátépítéssel használhatók ki teljes mértékben.
(f) Tüzelőanyag kiválasztás	Alkalmazhatóságának korlátot szab a különböző tüzelőanyag-típusok elérhetősége, amelyre a tagállami energiapolitika is hatással lehet
ii. Elektromos olvasztás (lásd 3.2.1 pont)	Nagy mennyiségű (>300 tonna/nap) üveggyártás esetén nem alkalmazható. Nagy kihozatali változásokat igénylő gyártás esetén nem alkalmazható. Megvalósításához a kemence teljes átépítése szükséges.
iii. Oxigén-tüzelőanyag tüzelésű olvasztás (lásd 3.4.2.5 pont)	A maximális környezeti előny teljes kemenceátépítéskor történő alkalmazás esetén érhető el.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.2. pont ismerteti.	

4.417 Táblázat: Olvasztókemence NO_x-kibocsátásra vonatkozó BAT-AEL értékek az ásványgyapot szektorban

Paraméter	Termék	Olvasztási technika	BAT-AEL	
			mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽¹⁾
NO ₂ -ben kifejezett NO _x	Üveggyapot	Tüzelőanyag-levegő-tüzelésű és elektromos kemencék	<200-500	<0,4-1,0
		Oxigén-tüzelőanyag-tüzelésű olvasztás ⁽²⁾	Nem alkalmazható	<0,5
	Kőzetgyapot	Minden kemencetípus	<400-500	<1,0-1,25
⁽¹⁾ Üveggyapot esetén 2×10^{-3} , kőzetgyapot esetén $2,5 \times 10^{-3}$ átszámítási tényezővel számítva (lásd: 4.2. táblázat).				
⁽²⁾ Az elérhető szintek a rendelkezésre álló földgáz és oxigén minőségétől (nitrogéntartalmától) függnének.				

58. Amennyiben üveggyapot gyártása esetén a keverék összetételben nitrátokat használnak, elérhető legjobb technika az NO_x kibocsátás csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Nitrátok használatának minimalizálása a keverék-összetételben A nitrátokat nagyarányú idegen cserepet tartalmazó keverék összetételekben oxidálószerként alkalmazzák a cserép szervesanyag tartalmának kompenzálására	A végtermékkel szemben támasztott minőségi követelmények korlátain belül általánosan alkalmazható technika.
ii. Elektromos olvasztás	Általánosan alkalmazható technika. Az elektromos olvasztás megvalósításához a kemence teljes átépítése szükséges.
iii. Oxigén-tüzelőanyag-tüzelésű olvasztás	Általánosan alkalmazható technika. A maximális környezeti előny teljes kemenceátépítéskor történő alkalmazás esetén érhető el.
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.2. pont ismerteti.	

4.428 Táblázat: Olvasztókemence NO_x kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek az üvegyapot gyártásban, amennyiben a keverék összetétel nitrátokat tartalmaz

Paraméter	BAT	BAT-AEL	
		mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽¹⁾
NO _x NO ₂ -ként kifejezve	A keverék összetételbe bevitt nitrátok minimalizálása és ezzel egyidejűleg elsődleges technikák alkalmazása	<500-700	<1,0-1,4 ⁽²⁾

⁽¹⁾ 2×10^{-3} átszámítási tényezővel számítva (lásd: 4.2. táblázat).
⁽²⁾ A tartományok alacsonyabb szintjei oxigén-tüzelőanyag-tüzelésű olvasztásra vonatkoznak.

4.7.3 Olvasztó kemencékből származó kén-oxidok (SO_x)

A kén-oxidok kibocsátásaival kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.3 pontban jelennek meg.

59. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence SO_x kibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Keverék-összetétel kén tartalmának minimalizálása és a kénegyensúly optimalizálása (lásd 3.4.3.2 pont)	Üvegyapotgyártás esetén az alacsony kéntartalmú nyersanyagok – különösen az idegen cserép – elérhetőségének korlátain belül általánosan alkalmazható technika. A keverék-összetétel magas idegen cserép tartalma a változó kéntartalom következtében korlátozza a kénegyensúly optimalizálásának lehetőségét. Kőzetgyapot gyártás esetén a kénegyensúly optimalizálása a füstgázból származó SO _x kibocsátások kiküszöbölése, valamint a füstgáz kezeléséből (szűrőpor) és/vagy a szárazítási folyamatból származó, a keverék összetételben újrahasznosítható (cementbrikettek) vagy esetlegesen ártalmatlanítást igénylő szilárd hulladékok kezelése közötti kompromisszumos megközelítést igényelhet.
ii. Alacsony kéntartalmú tüzelőanyagok alkalmazása (lásd 3.4.3.1 pont)	Alkalmazhatóságnak korlátot szabhat az alacsony kéntartalmú tüzelőanyagok elérhetősége, amelyre a tagállami energiapolitika is hatással lehet.
iii. Száraz vagy félszáraz mosó szűrőrendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	Kőzetgyapot gyártására használt kupolókemencék esetén elektrosztatikus porleválasztók nem alkalmazhatók (lásd: 56. BAT).
iv. Nedves mosó alkalmazása (lásd 3.4.3.4 pont)	A műszaki, azaz speciális szennyvíztisztító telep szükségességével összefüggő korlátokon belül általánosan alkalmazható technika.

⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.3. és 4.10.6. pont ismerteti.

4.439 Táblázat: Olvasztókemence SO_x kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek az ásványgyapot szektorban

Paraméter	Termék/feltételek	BAT-AEL	
		mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽¹⁾
SO ₂ -ben kifejezett SO _x	<i>Üveggyapot</i>		
	Gáztüzelésű és elektromos kemencék ⁽²⁾	<50–150	<0,1–0,3
	<i>Kőzetgyapot</i>		
	Gáztüzelésű és elektromos kemencék	<350	<0,9
	Kupolókemencék, brikett vagy salak újrahasznosítás nélkül ⁽³⁾	<400	<1,0
	Kupolókemencék, brikett vagy salak - újrahasznosítással ⁽⁴⁾	<1400	<3,5
⁽¹⁾ Üveggyapot esetén 2×10^{-3} , kőzetgyapot esetén $2,5 \times 10^{-3}$ átszámítási tényezővel számítva (lásd: 4.2. táblázat). ⁽²⁾ A tartományok alacsonyabb szintjei elektromos olvasztásra vonatkoznak. A magasabb szintek nagyarányú cserép újrahasznosításra vonatkoznak. ⁽³⁾ A BAT-AEL érték olyan feltételekre vonatkozik, amelyek esetén az SO _x kibocsátás csökkentése jelentős elsőbbséget élvez a szilárd hulladék keletkezésének csökkentésével szemben. ⁽⁴⁾ Amennyiben a hulladék mennyiségének csökkentése jelentős elsőbbséget élvez az SO _x kibocsátás csökkentésével szemben, magasabb kibocsátási szintek várhatók. Az elérhető szinteknek kénegyensúlyon kell alapulniuk.			

4.7.4 Olvasztó kemencékből származó hidrogén-klorid (HCl) és hidrogén-fluorid (HF)

A HCl és HF kibocsátásokkal kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.4 pontban vannak megadva.

60. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence HCl és HF kibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Alacsony klór és fluortartalmú alapanyagok kiválasztása a keverék összetételhez (lásd 3.4.4.1 pont)	A keverék összetétellel és az alapanyagok elérhetőségével összefüggő korlátokon belül általában alkalmazható technika.
ii. Száraz vagy félszáraz mosó szűrő-rendszerrel kombinálva (lásd 3.4.3.3 pont)	Kőzetgyapot gyártására használt kupolókemencék esetén elektrosztatikus porleválasztók nem alkalmazhatók (lásd: 56. BAT).
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.4. pont ismerteti.	

4.440 Táblázat: Olvasztókemence HCl és HF kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek az ásványgyapot szektorban

Paraméter	Termék	BAT-AEL	
		mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽¹⁾
HCl-ben kifejezett hidrogén-klorid	Üveggyapot	<5–10	<0,01–0,02
	Kőzetgyapot	<10–30	<0,025–0,075
HF-ben kifejezett hidrogén-fluorid	Összes termék	<1–5	<0,002–0,013 ⁽²⁾
⁽¹⁾ Üveggyapot esetén 2×10^{-3} , kőzetgyapot esetén $2,5 \times 10^{-3}$ átszámítási tényezővel számítva (lásd: 4.2. táblázat). ⁽²⁾ A BAT-AEL tartomány alsó és felső értékének meghatározásához a 2×10^{-3} és a $2,5 \times 10^{-3}$ átszámítási tényezőt alkalmazták (lásd: 4.2. táblázat).			

4.7.5 Kőzetgyapot olvasztó kemencékből származó hidrogén-szulfid (H₂S)

A H₂S kibocsátásokkal kapcsolatos általános megfontolások a 3.4.5 pontban van megadva.

61. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence H₂S kibocsátásának csökkentésére a hidrogén-szulfidot SO₂-vé oxidáló füstgáz-utóégető rendszer segítségével történő alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
Hulladékgáz utóégető rendszer	Kőzetgyapot gyártó kupolókemencék esetén általánosan alkalmazható technika.
⁽¹⁾ A technikát az 4.10.9. pont ismerteti.	

4.451 Táblázat: Olvasztókemence H₂S kibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek a kőzetgyapot gyártásban

Paraméter	BAT-AEL	
	mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽¹⁾
H ₂ S-ben kifejezett hidrogén-szulfid	<2	<0,005
⁽¹⁾ A kőzetgyaptra vonatkozó, $2,5 \times 10^{-3}$ átszámítási tényezővel számítva (lásd: 4.2. táblázat).		

4.7.6 Olvasztó kemencékből származó fémek

A fémek kibocsátásaival kapcsolatos általános megfontolások a 3.8.3 pontban vannak megadva.

62. Elérhető legjobb technika az olvasztókemence fémkibocsátásának csökkentésére az alábbi technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Alacsony fémtartalmú alapanyagok kiválasztása a keverék-összetételhez (lásd 3.4.1.1 pont)	Az alapanyagok elérhetőségének korlátain belül általánosan alkalmazható technika. Üveggyapotgyártás esetén a mangán keverék összetételben oxidálószerként való használata a keverék összetételben használt üvegcserep mennyiségétől és minőségétől függ, és ennek megfelelően minimalizálható
i. Szűrőrendszer alkalmazása (lásd 3.4.3.3 pont)	Kőzetgyapot gyártására használt kupolókemencék esetén elektrosztatikus porleválasztók nem alkalmazhatók (lásd: 56. BAT).
⁽¹⁾ A technikákat az 4.10.5. pont ismerteti.	

4.462 Táblázat: Olvasztókemence fémkibocsátására vonatkozó BAT-AEL értékek az ásványgyapot szektorban

Paraméter	BAT-AEL ⁽¹⁾	
	mg/Nm ³	kg/tonna olvadt üveg ⁽²⁾
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI})	<0,2-1 ⁽³⁾	<0,4-2,5x10 ⁻³
Σ (As, Co, Ni, Cd, Se, Cr _{VI} , Sb, Pb, Cr _{III} , Cu, Mn, V, Sn)	<1-2 ⁽³⁾	<2-5x10 ⁻³
⁽¹⁾ A tartományok a füstgázokban mind szilárd, mind gázhalmazállapotban jelen lévő fémek összességére vonatkoznak. ⁽²⁾ A BAT-AEL-tartomány alsó és felső értékének meghatározásához a 2×10^{-3} és a $2,5 \times 10^{-3}$ átszámítási tényezőt alkalmazták (lásd: 4.2. táblázat). ⁽³⁾ A magasabb értékek a kőzetgyapot kupolókemencékben való előállítására vonatkoznak.		

4.7.7 További folyamatokból származó kibocsátások

Az ásványgyapot gyártás további folyamataiból származó kibocsátásokkal kapcsolatos általános megfontolások a 3.5.5 pontban jelennek meg.

63. Elérhető legjobb technika a további folyamatokból származó kibocsátások csökkentésére a következő másodlagos technikák egyedi vagy kombinált alkalmazása:

Technika ⁽¹⁾	Alkalmazhatóság
i. Gázugár ütköztetési és ciklon leválasztók (lásd 3.5.5.1.1 és 3.5.5.1.2 pontok) A technika a füstgázban található részecskéknek és cseppeknek ütköztetés, a gázemű anyagoknak pedig vízzel történő részleges elnyelés útján történő eltávolításán alapul. Az Impact-jetekhez általában technológiai vizet használnak. Az újrahasznosított technológiai víz használat előtt szűrősen esik át.	Az ásványgyapot szektorban általánosan alkalmazható technika, különösen a szárazási területéről (a száraz gyantával történő bevonása) származó kibocsátások kezelésére szolgáló üveggyapot-gyártási folyamatok esetén. Kőzetgyapot gyártási folyamatokra korlátozottan alkalmazható, mivel kedvezőtlen hatást gyakorolhat más csökkentési technikákra.
ii. Nedves mosók (lásd 3.5.5.1.2 és 3.5.5.2.2 pontok)	A szárazási folyamatból (a száraz gyantával történő bevonása) származó füstgázok vagy kombinált (szárazásból és kikeményítésből származó) füstgázok kezelésére általánosan alkalmazható technika.
iii. Nedves elektrosztatikus porleválasztók (lásd 3.5.5.1.3 és 3.5.5.2.3 pontok)	A szárazási folyamatból (a száraz gyantával történő bevonása) vagy a kikeményítő kemencéből származó, vagy kombinált (szárazásból és kikeményítésből származó) füstgázok kezelésére általánosan alkalmazható technika.
iv. Kőzetgyapot szűrők (lásd 3.5.5.1.4 és 3.5.5.2.5 pontok) A szűrő egy acél vagy betonszerkezetből áll, amelynek belsejében szűrőközegként kőzetgyapot lapokat szereltek fel. A szűrőközeget rendszeresen tisztítani vagy cserélni kell. Ez a szűrő magas nedvességtartalmú, valamint ragadós részecskéket tartalmazó füstgázok szűrésére alkalmas.	Alkalmazhatósága elsősorban a kőzetgyapot gyártási folyamatok során az alakítási területéről és/vagy a kikeményítő kemencéből kibocsátott hulladékgázokra korlátozódik.
v. Hulladékgáz utóégető (lásd 3.5.5.2.4 pont)	A kikeményítő kemencéből származó hulladékgázok kezelésére általánosan alkalmazható technika, különösen a kőzetgyapot gyártási folyamatok esetén. A kombinált (szárazásból és kikeményítésből származó) füstgázokra való alkalmazás a gázok nagy mennyisége, alacsony koncentrációja és alacsony hőmérséklete miatt gazdasági szempontból nem életképes.
(¹) A technikákat az 4.10.7. és 4.10.9. pont ismerteti.	

4.473 Táblázat: További folyamatokból a levegőbe történő kibocsátásokra vonatkozó BAT-AEL értékek az ásványgyapot szektorban, ha e kibocsátásokat külön kezelik

Paraméter	BAT-AEL	
	mg/Nm ³	kg/tonna kész termék
<i>Szárazási terület-Kombinált szárazási és kikeményítési kibocsátások-Kombinált szárazási, kikeményítési és hűtési kibocsátások</i>		
Összes részecske anyag	<20-50	
Fenol	<5-10	
Formaldehid	<2-5	
Ammónia	30-60	
Aminok	<3	
C-ben kifejezett összes illékony szerves vegyület	10-30	
<i>Kikeményítő kemence kibocsátások</i> ^{(1) (2)}		
Összes részecske anyag	<5-30	<0,2
Fenol	<2-5	<0,03
Formaldehid	<2-5	<0,03
Ammónia	<20-60	<0,4
Aminok	<2	<0,01
C-ben kifejezett összes illékony szerves vegyület	<10	<0,065
NO ₂ -ben kifejezett NO _x	<100-200	<1
⁽¹⁾ A kg/tonna késztermékben kifejezett kibocsátási szintekre nincs hatással sem a gyártott ásványgyapot-paplan vastagsága, sem a füstgázok rendkívüli töménysége, illetve hígítottsága. Az értékeket $6,5 \times 10^{-3}$ átszámítási tényezővel számították. ⁽²⁾ Nagy testsűrűségű vagy magas kötőanyag tartalmú ásványgyapot gyártása esetén az ágazatban elérhető legjobb gyakorlatokként felsorolt technikákhoz tartozó kibocsátási szintek lényegesen magasabbak lehetnek az itt feltüntetett BAT-AEL értékeknél. Amennyiben ilyen típusú termékek alkotják az adott létesítmény gyártásának túlnyomó részét, tekintetbe kell venni más technikák alkalmazását.		

4.8 BAT KÖVETKEZTETÉSEK MAGAS HŐMÉRSÉKLETŰ SZIGETELŐGYAPOT (HTIW) GYÁRTÁSÁRA

Magas hőmérsékletű szigetelőgyapot (HTIW) gyártás nem volt még Magyarországon, és jelenleg sincs. E dokumentumban, ezért nem tárgyaljuk a vonatkozó témákat.

A magas hőmérsékletű szigetelőgyapot (HTIW) gyártásra vonatkozó BAT következtetéseket lásd a 2012/134/EU számú bizottsági végrehajtási határozatban (2012.02.28.), az ipari kibocsátásokról szóló 2010/75/EU európai parlamenti és tanácsi irányelv szerinti elérhető legjobb technikákkal (BAT) kapcsolatos következtetéseknek (64-től - 70-ig, valamint a táblázatok 54-től - 60-ig) az üveggyártás tekintetében történő meghatározásáról.

4.9 BAT KÖVETKEZTETÉSEK FRITT GYÁRTÁSRA

Fritt gyártás jelenleg sincs Magyarországon. E dokumentumban, ezért nem tárgyaljuk a vonatkozó témákat.

A fritt gyártásra vonatkozó BAT következtetéseket lásd a 2012/134/EU számú bizottsági végrehajtási határozatban (2012.02.28.), az ipari kibocsátásokról szóló 2010/75/EU európai parlamenti és tanácsi irányelv szerinti elérhető legjobb technikákkal (BAT) kapcsolatos következtetéseknek (71-től - 76-ig, valamint a táblázatok 61-től - 66-ig) az üveggyártás tekintetében történő meghatározásáról.

4.10 TECHNIKÁK LEÍRÁSA

4.10.1 Porkibocsátás

Technika	Leírás
Elektrosztatikus porleválasztó	Az elektrosztatikus porleválasztók a részecskéket elektromosan feltöltik és elektromos erőter hatására leválasztják. Az elektrosztatikus porleválasztók feltételek széles köre mellett képesek üzemelni.
Zsákos szűrő	A zsákos szűrők porózus – szőtt vagy nemezelt – szövetből készülnek, amely az azon áthaladó gázokból kiszűri a részecskéket. Zsákos szűrő használatához az adott füstgázok tulajdonságainak és a maximális üzemeltetési hőmérsékletnek megfelelő szövetanyagot kell kiválasztani.
Illékony összetevők csökkentése alapanyag-módosítással	A keverék összetételek igen illékony összetevőket (pl. bórvegyületeket) tartalmazhatnak, amelyek az elsősorban elillanási jelenségek folytán keletkező porkibocsátás csökkentése érdekében minimalizálhatók vagy helyettesíthetők.
Elektromos olvasztás	A technika lényege olyan olvasztókemence alkalmazása, amelyhez az energiát ellenállásfűtés szolgáltatja. A hideg boltozatú kemencékben (amelyeknél az elektródákat általában a kemence alján helyezik be) a keverékpaplan betakarja az olvadási felületét, és ez által lényegesen csökkenti a keverék összetevők (pl. ólomvegyületek) elillanását.

4.10.2 NO_x kibocsátás

Technika	Leírás
Tüzelés módosításai	
i. Levegő-tüzelőanyag aránycsökkentés	A technika elsősorban az alábbiakon alapul: - a levegő kemencébe való beszívargásának minimalizálása, - égéslevegő gondos ellenőrzése, - a kemence égőkamrájának módosított kialakítása.
ii. Égéslevegő hőmérsékletcsökkentés	Regeneratív kemencék helyett rekuperatív kemencék alkalmazása esetén a levegő előmelegítési hőmérséklete, valamint ennek következtében a láng hőmérséklete is csökken. Ez azonban a kemence hatásfokának csökkenésével (alacsonyabb fajlagos kihozatal), csökkent tüzelőanyag-hatékonysággal és megnövekedett tüzelőanyag-igénnyel, valamint ennek következtében esetleges kibocsátás-növekedéssel jár (kg/tonna üvegre vonatkoztatva).
iii. Többlépcsős tüzelés	- A levegő többlépcsős beadagolása szubsztöchiometrikus tüzelést, valamint a fennmaradó levegő vagy oxigén a kemencébe a tökéletes égés biztosítása érdekében való beadagolását jelenti. - A tüzelőanyag többlépcsős beadagolása-során kis impulzusú (a teljes energia 10%-át kitevő) primer lángot hoznak létre az égőnyakban, a primer láng kiindulópontját pedig egy szekunder lánggal fedik le, ezáltal csökkentve annak belső hőmérsékletét.
iv. Füstgáz visszavezetés	A kemencéből származó füstgáznak a lángba az oxigéntartalom – és ezzel együtt a lánghőmérséklet – csökkentése érdekében való visszainjektálását jelenti. A speciális égők használata a füstgázok belső visszavezetésén alapul, amely hűti a láng kiindulópontját és csökkenti az oxigéntartalmat a láng legforróbb részeinél.
v. Alacsony NO _x égők	A technika a következő elveken alapul: a láng csúcshőmérsékletének csökkentése, az égés késleltetése, de mindemellett a tökéletes égés biztosítása, valamint a hőátadás növelése (a láng sugárzókéességének növelése). A technika a kemence égőkamrájának módosított kialakításával járhat.
vi. Tüzelőanyag kiválasztás	Általánosságban elmondható, hogy az olajtüzelésű kemencék NO_x kibocsátása azok jobb hőszugárzó képessége és alacsonyabb lánghőmérséklete miatt alacsonyabb, mint a gáztüzelésűeké.
Speciális kemencekialakítás	Különböző, alacsonyabb lánghőmérsékletet lehetővé tevő tulajdonságokat egyesítő, rekuperatív típusú kemence. Főbb tulajdonságai a következők: - meghatározott típusú (számu és elhelyezésű) égő, - módosított kemencegeometria (magasság és nagyság), - kétlépcsős alapanyag előmelegítés, amelynek során a füstgázokat a kemencébe belépő alapanyagok, valamint a rekuperátor után elhelyezkedő, az égéslevegő előmelegítésére szolgáló idegen cserép előmelegítő felett vezetik át.

Technika	Leírás
Elektromos olvasztás	A technika lényege olyan olvasztókemence alkalmazása, amelyhez az energiát ellenállásfűtés szolgáltatja. Fő jellemzői a következők: • az elektródákat általában a kemence aljánál helyezik be (hideg boltozatú kemence), • a hideg boltozatú elektromos kemencékhez használt keverék összetételekben gyakran nitrátokat kell alkalmazni a stabil, biztonságos és hatékony gyártási folyamathoz szükséges oxidálási feltételek biztosítása érdekében.
Oxigén-tüzelőanyag-tüzelésű olvasztás	A technika az égéslevegő (>90% tisztaságú) oxigénnel való helyettesítésével küszöböli ki, illetve csökkenti a kemencébe belépő nitrogénből hő hatására keletkező NO_x kibocsátást. A kemencében visszamaradó nitrogéntartalom a beadagolt oxigén tisztaságától, a tüzelőanyag minőségétől (a földgáz N₂-tartalmától) és az esetleges levegőbeszívárgástól függ.
Kémiai redukció tüzelőanyaggal	A technika fosszilis tüzelőanyag a füstgázba való injektálásán és az NO_x kémiai reakciók sorozata útján N₂-vé való redukálásán alapul. A 3R folyamat során a tüzelőanyagot (földgázt vagy olajat) a regenerátor bemeneti nyílásánál injektálják be. A technológiát regeneratív kemencékben való alkalmazásra dolgozták ki.
Szelektív katalitikus redukció (SCR)	A technika az NO_x (általános vizes oldat formájában hozzáadott) ammóniával katalizátorágyon, 300–450°C optimális üzemi hőmérsékleten való reagáltatása útján nitrogénné történő redukálásán alapul. Egy vagy két rétegnyi katalizátor alkalmazható. Nagyobb mennyiségű (kétrétegnyi) katalizátor alkalmazásával nagyobb mennyiségű NO_x redukálható.
Szelektív nem katalitikus redukció (SNCR)	A technika az NO_x ammóniával vagy karbamiddal magas hőmérsékleten való reagáltatása útján nitrogénné történő redukálásán alapul. 900 és 1050°C közötti üzemi hőmérsékleti tartományt kell fenntartani.
Nitrátok minimalizálása a keverék összetételben	A nitrátok minimalizálását az ezen alapanyagok rendkívül színtelen (fehér) üveget igénylő, minőségi termékek előállításához oxidálószerként, valamint egyéb üveg kívánt tulajdonságokkal való felruházására való használata során keletkező NO_x kibocsátások csökkentésére alkalmazzák. Az alábbi lehetőségek alkalmazhatók: • a keverék összetételben jelen lévő nitrátok mennyiségének a termék és az olvasztás követelményeivel arányos minimalizálása, • a nitrátok alternatív anyagokkal való helyettesítése. Hatékony alternatívát jelentenek a szulfátok, az arzén-oxidok és a cérium-oxid, • a folyamat módosításai (pl. speciális oxidáló tüzelési feltételek).

4.10.3 SO_x-kibocsátás

Technika	Leírás
Száraz vagy félszáraz mosó szűrőrendszerrel kombinálva	Az alkáli reagenst száraz por vagy szuszpenzió/oldat formájában juttatják és porlasztják be a füstgázáramba. Az anyag reakcióba lép a gázhalmazállapotban jelen lévő kénnel, és azzal szilárd anyagot képez, amelyet szűréssel (zsákos szűrővel vagy elektrosztatikus porleválasztóval) kell eltávolítani. Általánosságban elmondható, hogy reaktortorony alkalmazásával növelhető a mosórendszer hatékonysága.
Keverék összetétel kéntartalmának minimalizálása és a kénegyensúly optimalizálása	A keverék-összetétel kéntartalmának minimalizálását a derítőszerként alkalmazott, kéntartalmú nyersanyagok (általában szulfátok) lebomlása során keletkező SO _x kibocsátás csökkentése érdekében alkalmazzák. Az SO _x kibocsátás csökkentésének hatékonysága az üveg kénvegyület visszatartó képességétől függ, amely az üveg típusától és a kénegyensúly optimalizálásától függően jelentősen változhat.
Alacsony kéntartalmú tüzelőanyagok alkalmazása	Földgáz vagy alacsony kéntartalmú tüzelőolaj alkalmazásával csökkentik a tüzelőanyagban jelen lévő kén égés során történő oxidálásokkor kibocsátott SO _x mennyiségét.

4.10.4 HCl és HF kibocsátás

Technika	Leírás
Alacsony klór és fluortartalmú alapanyagok kiválasztása a keverék-összetételhez	A technika az esetleges szennyeződésként kloridokat és fluoridokat tartalmazó anyagok (pl. szintetikus szóda, dolomit, idegen cserép, újrahasznosított szűrőpor) gondos kiválasztását foglalja magában az ezen anyagok az olvasztási folyamat során bekövetkező lebomlásából származó HCl és HF kibocsátások azok forrásánál történő csökkentése érdekében.
Keverék-összetétel fluor és/vagy kénvegyület tartalmának minimalizálása és a fluor és/vagy kén tömeg-egyensúly optimalizálása	Az olvasztási folyamat fluor és/vagy kénkibocsátásának minimalizálása az ezen anyagok keverék összetételben való előfordulásának a végtermék minőségével arányos legalacsonyabb szintre történő minimalizálásával/csökkentésével érhető el. A fluorvegyületeket (pl. a folyópátot, a kriolitot, a fluoroszilikátot) speciális üvegfajták (pl. opálüveg, optikai üveg) meghatározott tulajdonságokkal való felruházására használják. A klorvegyületeket derítőszerként is alkalmazhatják.
Száraz vagy félszáraz mosó szűrőrendszerrel kombinálva	Az alkáli reagenst száraz por vagy szuszpenzió/oldat formájában juttatják be és porlasztják a füstgázáramba. Az anyag reakcióba lép a gáznemű kloridokkal és fluoridokkal, és azokkal szilárd anyagot képez, amelyet szűréssel (elektrosztatikus porleválasztóval vagy zsákos szűrővel) kell eltávolítani.

4.10.5 Fémkibocsátás

Technika	Leírás
Alacsony fémtartalmú alapanyagok kiválasztása a keverék összetételhez	A technika az esetleges szennyeződésként fémeket tartalmazó keverék alapanyagok (pl. idegen cserép) gondos kiválasztását foglalja magában az ezen anyagok az olvasztási folyamat során bekövetkező lebomlásából származó fémkibocsátások azok forrásánál történő csökkentése érdekében.
A fémvegyületek keverék-összetételben való alkalmazásának minimalizálása – a fogyasztók az üveggel szemben támasztott minőségi elvárásaira is figyelemmel – azokban az esetekben, amelyekben az üveget színezní vagy szinteleníteni kell	Az olvasztási folyamat fémkibocsátása az alábbi módokon minimalizálható: • a színezett üveg gyártása során a keverék összetételben használt fémvegyületek (pl. vas-, króm-, kobalt-, réz- és mangánvegyületek) mennyiségének minimalizálása, • a fehér üveg gyártása során szintelenítő anyagként használt szelénvegyületek és cérium-oxid mennyiségének minimalizálása.
A szelénvegyületek keverék-összetételben való használatának a megfelelő alapanyagok kiválasztásával történő minimalizálása	Az olvasztási folyamat szelénkibocsátása az alábbi módokon minimalizálható: • a keverék összetétel szeléntartalmának a termékkel szemben támasztott követelményekkel arányos legalacsonyabb szintre való minimalizálása/csökkentése, • kevésbé illékony szelén alapanyagok kiválasztása az olvasztási folyamat során fellépő elillanási jelenségek csökkentése érdekében.
Szűrőrendszer alkalmazása	A porcsökkentő rendszerek (zsákos szűrő és elektrosztatikus porleválasztó) mind a por-, mind a fémkibocsátást csökkenthetik, mivel az üvegolvasztási folyamat során a levegőbe bocsátott fém nagyrészt részecskék formájában jelenik meg. Egyes, rendkívül illékony (pl. szelén-) vegyületeket alkotó fémek esetén azonban az eltávolítás határfoka a szűrési hőmérséklet függvényében jelentősen változhat.
Száraz vagy félszáraz mosó szűrőrendszerrel kombinálva	A gáz-halmazállapotú fémek kibocsátása alkáli reagenst alkalmazó száraz vagy félszáraz mosási technikával jelentősen csökkenthető. Az alkáli reagens reakcióba lép a gáz-halmazállapotú fémekkel és azokkal szilárd anyagot képez, amelyet szűréssel (zsákos szűrővel vagy elektrosztatikus porleválasztóval) kell eltávolítani.

4.10.6 Kombinált gázkibocsátás (pl. SO_x, HCl, HF, bórvegyületek)

Technika	Leírás
Nedves mosó	A nedves mosási folyamat során a gáz-halmazállapotú vegyületeket megfelelő folyadékban (vízben vagy lúgos oldatban) feloldják. A nedves mosót vízzel telített füstgáz hagyja el, amelynek kibocsátása előtt a cseppek leválasztása szükséges. A keletkező folyadékot szennyvízkezelési folyamatnak kell alávetni, az oldhatatlan anyagot pedig ülepítéssel vagy szűréssel gyűjtik össze.

4.10.7 Kombinált (szilárd és gáznemű) kibocsátás

Technika	Leírás
Nedves mosó	Nedves (megfelelő folyadékkal: vízzel vagy lúgos oldattal végrehajtott) mosási folyamat segítségével egyszerre távolíthatók el a szilárd és a gáz-halmazállapotú vegyületek. A részecske- és gázeltávolításra eltérő kialakítási kritériumok vonatkoznak, ezért a kialakítás gyakran az e két lehetőség közötti kompromisszumot jelenti. A keletkező folyadékot szennyvízkezelési folyamatnak kell alávetni, az oldhatatlan anyagot (kibocsátott szilárd anyagot és a kémiai reakciók termékeit) pedig ülepítéssel vagy szűréssel gyűjtik össze. Az ásványgyapot- és a folyamatos üvegrost szektorban a legelterjedtebb rendszerek a következők: • Impact-jet-et követően alkalmazott töltetágyas mosók, • Venturi mosók.
Nedves elektrosztatikus porleválasztó	A technika elektrosztatikus porleválasztót alkalmaz, amely az összegyűjtött anyagot megfelelő folyadékkal – általában vízzel – öblíti le a gyűjtőfelület lapjairól. Általában a technika részét képezi valamiféle mechanizmus, amely a füstgáz kibocsátása előtt eltávolítja a vízcseppeket (páraleválasztó vagy kiüleptető tér).

4.10.8 Vágási, csiszolási és polírozási műveletek kibocsátásai

Technika	Leírás
Porképződéssel járó műveletek (pl. vágás, csiszolás, polírozás) folyadék alatti elvégzése	A vizet vágási, csiszolási és polírozási műveletek során általában hűtőközegként, valamint a porkibocsátás megelőzésére használják. A technika páraleválasztóval ellátott elszívórendszert igényelhet.
Zsákos szűrő rendszer alkalmazása	A zsákos szűrők mind a por-, mind a fémkibocsátás csökkentésére alkalmasak, mivel a további folyamatokból származó fém általában részecskék formájában jelenik meg.
A polírozó termékben bekövetkező veszteségek az alkalmazórendszer jó tömítése általi minimalizálása	A savpolírozás során az üvegárukat folyósavas és kénsavas polírozó fürdőbe merítik. A veszteségek minimalizálása érdekében a gőzök felszabadulása az alkalmazórendszer megfelelő kialakításával és karbantartásával minimalizálható.
Másodlagos technika, pl. nedves mosó alkalmazása	A vízzel való nedves mosást a kibocsátások savas kémhatása és az eltávolítandó, gáznemű szennyezőanyagok nagyfokú oldhatósága miatt alkalmazzák a füstgázok kezelésére.

4.10.9 H₂S és VOC kibocsátás

Technika	Leírás
Hulladékgáz utóégetés	A technika utóégető rendszert foglal magában, amely az olvasztókemence erősen redukáló körülményei miatt keletkező hidrogén-szulfidot kén-dioxiddá, a szén-monoxidot pedig szén-dioxiddá oxidálja. Az illékony, szerves vegyületek a hő hatására eléggé szén-dioxiddá, vízzé és egyéb égéstermékekké (pl. NO_x, SO_x) oxidálódnak.

1. MELLÉKLET — KIBOCSÁTÁS CSÖKKENTÉSI TECHNIKÁK ÖSSZEFOGLALÁSA

Művelet	Elsődleges technikák	Másodlagos technikák
olvasztási technika kiválasztás	▪ fűtőanyag: ▪ fosszilis tüzelőanyag ▪ gáz ▪ olaj ▪ koks (kúpoló) ▪ elektromos (<75 t/nap) ▪ kombinált ▪ fosszilis a meghatározó ▪ elektromos a meghatározó ▪ hő visszanyerő (égéslevegő előmelegítés): ▪ regeneratív ▪ kereszttüzelésű ▪ U-lángú ▪ rekuperatív ▪ kúpoló ▪ nincs hő visszanyerő (oxigén-tüzelés) ▪ üzemeltetés: ▪ folyamatos (kád, kúpoló) ▪ szakaszos (fazekas) ▪ félig folyamatos (nappali kád) ▪ kemencék karbantartása és üzemeltetése: ▪ káros légbeszívárgás megszüntetése ▪ ráctisztítás, kemence karbantartás, stb. ▪ szigetelés	
anyagkezelés	▪ por: ▪ nem aprózódó alapanyagok ▪ zárt silók, bunkerek, stb. ▪ adagológarat körülzárása ▪ zárt adagolók, szállítók ▪ keveréknedvesítés ▪ enyhe negatív nyomás a kemencében ▪ folyadék: ▪ tartályfestés ▪ hőmérséklet-szabályozás ▪ tartályszigetelés ▪ úszófedeles tartályok ▪ készletkezelés, stb.	▪ por: ▪ porelszívás és annak silóba, szűrőrendszerbe, kemencébe való juttatása ▪ folyadék: ▪ gőzvisszavezető rendszerek
olvasztásból levegőbe történő kibocsátások csökkentése ▪ por, részecske: ▪ a keverék részecskéi között és az üvegolvadás során fellépő reakció és elpárolgás: 80-95% ▪ keverék kiporzás: kb. 5% ▪ a tüzelőanyagok fémzennyeződése: a többi %	▪ por, részecske: ▪ alapanyag változtatás ▪ hőmérséklet csökkentés az olvadék felületén ▪ égők pozicionálása ▪ áttérés gáztüzelésre (vagy igen alacsony kéntartalmú tüzelőolajokra) ▪ egyéb technikák (légáram csökk., alapanyag mosás, stb)	▪ por, részecske: ▪ elektrosztatikus porleválasztó ▪ zsákos szűrő ▪ mechanikai porleválasztó (ciklon, gravitációs ülepitő, terelő lemezes kamra, stb.) ▪ magas hőmérsékletű szűrő ▪ nedves mosó

Művelet	Elsődleges technikák	Másodlagos technikák
olvasztásból levegőbe történő kibocsátások csökkentése ▪ nitrogénoxidok (NO_x): ▪ termikus NO_x képződés ▪ alapanyagból ▪ tüzelőanyagból ▪ kén-oxidok (SO_x): ▪ tüzelőanyagból ▪ alapanyagból ▪ fluoridok (HF) és kloridok (HCl): ▪ alapanyagból ▪ szén-oxidok: ▪ tüzelőanyagból ▪ alapanyagból ▪ fémek ▪ cserépből ▪ színező/színtelenítőszeréből ▪ H₂S ▪ tüzelőanyagból ▪ alapanyagból	▪ nitrogénoxidok (NO_x): ▪ tüzelés módosítása: ▪ csökkentett levegő : tüzelőanyag arány ▪ csökkentett égéslevegő hőmérséklet ▪ többlépcsős tüzelés ▪ füstgáz visszavezetés ▪ alacsony NO_x égő ▪ tüzelőanyag kiválasztás ▪ keverék összetétel kialakítás ▪ speciális kemence kialakítás ▪ FENIX eljárás ▪ elektromos olvasztás ▪ oxy-tüzelőanyag olvasztás ▪ kén-oxidok (SO_x): ▪ tüzelőanyag kiválasztás ▪ keverék összetétel kialakítás ▪ elektromos olvasztás ▪ fluoridok (HF) és kloridok (HCl): ▪ alapanyag kiválasztás ▪ elpárolgás csökkentése ▪ fokozott cseréphasználat ▪ elektromos olvasztás ▪ szén-oxidok: ▪ energiahatékonyság növelése: ▪ fokozott cseréparány ▪ keverék/cserép előmelegítés ▪ fémek ▪ válogatás, tisztítás ▪ anyag felhasználás csökkentés ▪ H₂S ▪ tüzelőanyag kiválasztás ▪ anyag felhasználás csökkentés	▪ nitrogénoxidok (NO_x): ▪ kémiai redukció tüzelőanyaggal (CRF): ▪ „3R” eljárás ▪ szelektív katalitikus redukció (SCR) ▪ szelektív nem katalitikus redukció (SNCR) ▪ kén-oxidok (SO_x): ▪ száraz vagy félszáraz mosó ▪ nedves mosó ▪ fluoridok (HF) és kloridok (HCl): ▪ száraz, félszáraz vagy nedves mosó ▪ szén-oxidok: ▪ utóégetés ▪ fémek ▪ szűrőrendszerek (pl. zsákos) ▪ száraz vagy félszáraz mosó ▪ H₂S ▪ utóégetés
nem olvasztásból levegőbe történő kibocsátások csökkentése ▪ csomagoló üveg: ▪ melegvégi bevonó (csekély)	▪ csomagoló üveg: ▪ anyag felhasználás csökkentés	▪ csomagoló üveg: ▪ elszívják és másodlagos (pl. mosási) technikával kezelik ▪ a kemence füstgázába engedik ▪ a hulladékgázt a kemence égéslevegőjével keverik össze

Művelet	Elsődleges technikák	Másodlagos technikák
nem olvasztásból levegőbe történő kibocsátások csökkentése ▪ síküveg: ▪ SO₂ (csekély) ▪ háztartási üveg: ▪ csiszolási por ▪ savpolírozási gőzök ▪ speciális üveg: ▪ csiszolási por (csekély) ▪ ásványgyapot: ▪ szálazás (szilárd részecske, fenol, formaldehid és ammónia) ▪ gyanta kikeményítés (illó kötőanyag, kötőanyag bomlás termék és füstgáz) ▪ termékhűtés, csomagolás (por) ▪ szag	▪ síküveg: ▪ anyag felhasználás csökkentés ▪ háztartási üveg: ▪ anyag felhasználás csökkentés ▪ speciális üveg: ▪ anyag felhasználás csökkentés ▪ ásványgyapot: ▪ szálazás: ▪ kötőanyag kémiai összetétele ▪ szálazási módszer ▪ üzemi paraméterek ▪ kötőanyag mennyisége ▪ kötőanyag felvitel módja ▪ gyanta kikeményítés: ▪ anyag felhasználás csökkentés ▪ termékhűtés, csomagolás: ▪ kötőanyag kémiai összetétel	▪ síküveg: ▪ elszívják és másodlagos (pl. mosási) technikával kezelik ▪ háztartási üveg: ▪ nedves mosó ▪ kémiai mosó ▪ speciális üveg: ▪ nedves mosó ▪ ▪ ásványgyapot: ▪ víz bepermetezés ▪ impact jet (sugár-ütköztetési leválasztó) és ciklon ▪ nedves gázmosó (töltelékeny) ▪ nedves elektrosztatikus porleválasztó ▪ közetgyapot szűrő ▪ utóégetés ▪ oxidáló anyag alkalmazás
vízbe történő kibocsátások csökkentése ▪ alapanyag tárolóból való szennyezés vagy szivárgás ▪ szilárd vagy folyékony anyaggal szennyezett területekről való szivárgás a csatornába ▪ terméktisztításhoz használt víz ▪ hűtővíz és zárt rendszerből történő hűtővíz leengedés ▪ nedves mosó szennyvize	▪ zárt rendszer ▪ vízpárolgás csökkentése	▪ rácsos szűrés ▪ lefőltetés ▪ üleptetés ▪ centrifugálás ▪ szűrés ▪ semlegesítés ▪ levegőztetés ▪ lecsapás ▪ koagulálás és flokkulálás ▪ aktivált üledék ▪ bioszűrés
más hulladékok minimalizálása ▪ keverék hulladéka ▪ füstgáz szűrőpor ▪ olvadék fritt ▪ selejt ▪ szennyvíz szilárd hulladék	▪ hulladék keletkezés csökkentés	▪ újra felhasználás
energia ▪ alapanyag felmelegítés ▪ alapanyag termikus elbontás ▪ olvadékképződés ▪ termék kidolgozási műveletek (formázás, feszültség mentesítés, kikeményítés, stb.) (csekély)	▪ olvasztási technika kiválasztás ▪ cserép felhasználás (saját, idegen)	▪ hulladékhő hasznosító kazán ▪ keverék és cserép előmelegítés
zaj ▪ berendezések, eszközök	▪ elkülönítés	▪ zajvédő falak, árnyékolók ▪ nappali munkavégzés

2. MELLÉKLET – ENGEDÉLYEZÉSI ELJÁRÁS

A 2. mellékletbe tartozó létesítmények esetén (3.3. és 3.4. pont) (EKHE engedély, egységes környezethasználati engedélyezési eljárás)

A környezeti hatásvizsgálati és egységes környezethasználati engedélyezési eljárásról szóló 314/2005. (XII. 25.) Korm. rendelet (a továbbiakban: 314/2005. Korm. rendelet) 2. mellékletébe tartozó létesítmények esetében a telepíteni tervezett technológiát vizsgálja a hatóság. A kiadásra kerülő engedélyben a tevékenység végzésének helye szerint illetékes környezetvédelmi és természetvédelmi felügyelőség (a továbbiakban: Felügyelőség) meghatározza az érintett tevékenységek környezetet terhelő kibocsátásainak megelőzésére, a környezeti elemeket terhelő kibocsátások, valamint a környezetre ható tényezők csökkentésére, illetőleg megszüntetésére irányuló, az elérhető legjobb technikán (BAT – best available techniques) alapuló intézkedéseket.

Az eljárás lefolytatását követően kiadott engedély integrálja az egyes környezeti elemekre vonatkozó környezetvédelmi követelményeket, ezért nincs szükség az egyes szakterületi engedélyezések külön lefolytatására.

Az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás lefolytatásának célja,

- hogy az egyes környezeti elemeket (levegő, víz, talaj) ért hatásokat, valamint ezek összességét komplex módon, minden környezeti elemre vonatkozóan vizsgálja és kezelje;
- hogy a kibocsátások már eleve a forrásánál, a keletkezésnél csökkentésre kerüljenek;
- annak biztosítása, hogy a folyamatokban (tervezés, engedélyeztetés, megvalósítás, módszerek alkalmazása, stb.) minden esetben az elérhető legjobb technikák (BAT) kerüljenek alkalmazásra;
- a szigorú ellenőrzés deklarálása (integrált, önálló engedélyezési eljárás) – jelenleg legalább – évenkénti egyszeri kötelező hatósági ellenőrzés keretében;
- a környezethasználó intézkedjen az elérhető legjobb technika (BAT) alkalmazásával
 - a tevékenységhez szükséges anyag és energia hatékony felhasználásáról,
 - a kibocsátás megelőzéséről, illetőleg az elérhető legkisebb mértékűre történő csökkentéséről,
 - a hulladékképződés megelőzéséről, illetőleg a keletkező hulladék mennyiségének és veszélyességének csökkentéséről, a hulladék hasznosításáról, ártalmatlanításáról,
 - a környezeti hatással járó balesetek megelőzéséről, és ezek bekövetkezése esetén a környezeti következmények csökkentéséről
 - a tevékenység felhagyása esetén a környezetszennyezés, illetve környezetkárosítás megakadályozásáról, valamint az esetlegesen károsodott környezet helyreállításáról.

Az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás az ügyfél kérelmére indul. A beadott kérelemnek meg kell felelnie a 314/2005. Korm. rendelet 8. mellékletében foglalt tartalmi követelményeknek. Az engedélyezési dokumentáció egyes munkarészeit a környezetvédelmi, természetvédelmi, vízgazdálkodási és tájvédelmi szakértői tevékenységről szóló 297/2009. (XII. 21.) Korm. rend. (a továbbiakban: szakértői rendelet) alapján szakértői jogosultsággal rendelkező szakértőnek kell elkészítenie. A kérelmet a tevékenység végzésének helye szerint illetékes Felügyelőséghez két nyomtatott példányban és egy példányban elektronikus adathordozón kell benyújtani. Az engedélyezési eljárás ideje 3 hónap. Engedély hiányában a tevékenység nem végezhető.

A 314/2005. Korm. rendelet 20/A. § (1) bekezdése szerint az egységes környezethasználati engedély meghatározott időre, de legalább tíz évre adható meg a (2) bekezdésben foglalt kivétellel. A (2) bekezdés értelmében a felügyelőség az egységes környezethasználati engedélyt 5 évre adja ki, ha az engedély kiadását megelőző 3 évben a létesítmény nem megfelelő működése következtében a környezetre káros hatású esemény, környezetveszélyeztetés- vagy szennyezés történt; ha a tevékenységet a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízellátási létesítmények védelméről szóló 123/1997. (VII. 18.) Korm. rendelet szerinti, felszín alatti vízbázis hidrogeológiai védőövezete „B” védőzónájában vagy azon belül kívánják folytatni; ha a környezethasználó ezt kérelmezi; ha a tevékenység olyan technológiát alkalmaz, amelynek környezetre gyakorolt hatása a megkezdés előtt csak számításokkal becsülhető; vagy új tevékenység első alkalommal történő engedélyezése esetén.

Az engedélyben foglalt követelményeket és előírásokat az Európai Bizottság adott tevékenységre vonatkozó elérhető legjobb technika-következtetésekről szóló határozatának kihirdetésétől számított négy éven belül, de legalább ötévente a környezetvédelmi felülvizsgálat szabályai szerint felül kell vizsgálni. A felülvizsgálat ügyintézési határideje két hónap.

Az eljárásba a környezetvédelmi, természetvédelmi, vízvédelmi hatósági és igazgatási feladatokat ellátó szervek kijelöléséről szóló 481/2013. (XII. 17.) Korm. rendelet (a továbbiakban: hatásköri rendelet) 5. számú melléklete által kijelölt **szakhatóságokat**, az ott meghatározott **szakkérdésben** kell bevonni.

A 314/2005. Korm. rendelet 20/A. § (13) bekezdése szerint, ha az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásban, országhatáron áterjedő jelentős környezeti hatás feltételezhető, a 12. § (4) bekezdés, 13–15. §-ok szerinti eljárást kell alkalmazni, ha nemzetközi szerződés ettől eltérően nem rendelkezik.

A 3. mellékletbe tartozó létesítmények esetén (51. és 57. pont)

A 314/2005. Korm. rendelet 3. mellékletébe tartozó tevékenységek esetében – ahol a tervezett tevékenység környezeti hatásvizsgálati kötelezettsége annak mérete, illetve jellege miatt nem előre determinált, hanem a környezetre gyakorolt hatásának függvénye – az **előzetes vizsgálati eljárás** keretében a Felügyelőség dönt a környezeti hatásvizsgálati eljárás lefolytatásának szükségességéről.

Az **előzetes vizsgálatnak kötelező és választható** formája létezik.

A környezethasználó – a 314/2005. Korm. rendelet 1. § (5) bekezdésben foglalt eset kivételével – előzetes vizsgálat iránti **kérelmet köteles benyújtani** a Felügyelőséghez, ha olyan tevékenység megvalósítását tervezi, amely

- a) a 314/2005. Korm. rendelet 3. számú mellékletben szerepel, vagy
- b) a 314/2005. Korm. rendelet 2. és 3. számú mellékletben egyaránt szerepel,
- c) összetartozó tevékenységnek minősül és a 2/A. §-ban meghatározott eljárás lefolytatására nem került sor.

A környezethasználó a 314/2005. Korm. rendelet 3. § (7) bekezdése értelmében előzetes vizsgálat iránti **kérelmet nyújthat be** a Felügyelőséghez, ha olyan tevékenység megvalósítását tervezi, amely megfelel a 314/2005. Korm. rendelet 3. számú mellékletben szereplő tevékenységnek, azonban az abban meghatározott küszöbértéket nem éri el vagy az ott szereplő kritériumot nem teljesíti, feltéve, hogy a tevékenység nem tartozik a 314/2005. Korm. rendelet 2. számú mellékletébe. Ha a Felügyelőség az előzetes vizsgálat során a 314/2005. Korm. rendelet 5. § (2) bekezdés a) pont aa) alpontja szerint dönt, akkor a tevékenység megkezdéséhez környezetvédelmi engedély szükséges.

Az előzetes vizsgálati eljárás az ügyfél a 314/2005. Korm. rendelet 3. § (1) illetve (7) bekezdése szerinti kérelmére indul. A **beadott kérelemnek meg kell felelnie** a 314/2005. Korm. rendelet 4. mellékletében foglalt tartalmi követelményeknek. Az előzetes vizsgálati dokumentáció **egyes munkarészeit** a 314/2005. Korm. rendelet 3. § (2) bekezdése rendelkezésének megfelelően a szakértői rendelet alapján szakértői jogosultsággal rendelkező szakértőnek kell elkészítenie. A kérelmet és mellékleteit a **tevékenység végzésének helye szerint illetékes** Felügyelőséghez kell benyújtani, a 314/2005. Korm. rendelet 3. § (2) bekezdésének értelmében **két nyomtatott példányban és egy példányban elektronikus adathordozón**, amelyet a Felügyelőség elektronikus úton közzétesz.

A 314/2005. Korm. rendelet 3. § (3) bekezdése értelmében a kérelem és az előzetes vizsgálati dokumentáció benyújtását követően a Felügyelőség – ha a tevékenység nem esik katonai titokvédelem alá – az ügyfeleknek a Ket. szerinti, az eljárás megindításáról szóló értesítésével egyidejűleg hivatalában, valamint honlapján **közzeményt tesz közzé**.

Az eljárásba a hatásköri rendelet 5. számú melléklete által kijelölt **szakhatóságokat**, az ott meghatározott **szakkérdésben** kell bevonni.

Az előzetes vizsgálat **eljárási ideje** a környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. LIII. évi törvény 67. § (2) bekezdése értelmében 45 nap, amennyiben közmeghallgatás szükséges, lefolytatására 60 nap áll rendelkezésre. A környezethasználó a 314/2005. Korm. rendelet 5. § (7) bekezdésének rendelkezései szerint a határozat jogerőre emelkedését követő két éven belül kérheti a tevékenység megkezdéséhez szükséges környezetvédelmi vagy egységes környezethasználati engedélyt. A Felügyelőség ezt a határidőt kérelemre egy ízben legfeljebb egy évvel meghosszabbíthatja, ha a határozat meghozatalakor alapul vett tényállásban nem történt lényeges változás.

Az összevont eljárás ismertetése

Az összevont eljárás egy ügyfél által választható lehetőség abban az esetben, amikor egy olyan tevékenység megvalósítását tervezi, amely **egyaránt szerepel a 314/2005. Korm. rendelet 1. és 2. számú mellékletében**. Ebben az esetben **nem kell két külön**, a 314/2005. Korm. rendelet szerinti (környezeti hatásvizsgálati, egységes környezethasználati) **engedélyezési eljárást lefolytatni**, hanem az ügyfél kérheti a tevékenység végzésének helye szerint illetékes Felügyelőségtől egy összevont eljárás lefolytatását.

Az eljárásban eljárásjogi szempontból nem különül el a hatásvizsgálati és az egységes környezethasználati engedélyezési szakasz. **Az eljárás egységes környezethasználati engedély kiadásával zárul.**

Az összevont eljárást a Felügyelőség a környezethasználó – az előzetes vizsgálatot lezáró határozat, vagy ha történt előzetes konzultáció, az annak során adott vélemény, továbbá az 314/2005. Korm. rendelet 6–8. számú mellékletének figyelembevételével elkészített – **kérelmére** indítja meg.

Az **engedélykérelmi dokumentációt** a szakértői rendelet alapján szakértői jogosultsággal rendelkező szakértőnek kell elkészítenie. A kérelmet a **tevékenység végzésének helye szerint illetékes** Felügyelőséghez kell benyújtani, a 314/2005. Korm. rendelet 24. § (3) bekezdésének értelmében **két nyomtatott példányban és egy példányban elektronikus adathordozón**, amelyet a Felügyelőség elektronikus úton közzétesz. Az összevont eljárás **eljárási ideje** az 314/2005. Korm. rendelet 24. § (13) bekezdése szerint 4 hónap.

Az eljárásba a hatásköri rendelet 5. számú melléklete által kijelölt **szakhatóságokat**, az ott meghatározott **szakkérdésben** kell bevonni.

A 314/2005. Korm. rendelet 20/A. § (13) bekezdése szerint, ha az egységes környezethasználati engedélyezési eljárásban, országhatáron áttérjedő jelentős környezeti hatás feltételezhető, a 12. § (4) bekezdés, 13–15. §-ok szerinti eljárást kell alkalmazni, ha nemzetközi szerződés ettől eltérően nem rendelkezik.

3. MELLÉKLET – BREF KÉSZÍTÉSÉBEN RÉSZT VEVŐ SZERVEZETEK

Az üveggyártásról szóló BREF készítésében részt vevő szervezetek

EIPPCB kapcsolattartó: Mrs. Bianca Maria Scalet

Ország	Szervezet	Név
Ausztria	Federal Environment Agency - Umweltbundesamt	Ms. Doris Brandhuber Martin Hischenhuber Ilse Schindler
Belgium	ISSeP	Pierre Landuyt Hoang Tran
	VITO - Flemish Institute for Technological Research	Karl Vrancken
Dánia	Ministry of Environment (Denmark)	Ms. Mette Lumbye Sorensen
	Danish Environmental Protection Agency	Mr. Erik Thomsen
Egyesült Királyság	Environment Agency	Roy Caughlin Martin Leach Alex Radway
Európai Bizottság		Kevin Bream Filip Francois Keir McAndrew Alexandre Paquot
Finnország	Hämeen ympäristökeskus Ylitarkastaja	Ms. Paeivi Vilenius
Franciaország	CITEPA	Nadine Allemand
	ADEME	Franck Delacroix
	Ministere de l'Ecologie, du Développement et de l'aménagement durables	Anne Delorme
Görögország	Greek Ministry for the Environment, Physical Planning and Public Works	Dimitra Kakavetsi
	Yioula Glassworks SA	Theodore Zitounis
Hollandia	Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment	Cees Braams
	InfoMil	Bianca Schijven
Írország	Environmental Protection Agency	Frank Clinton Aoife Loughnane Marie O'Connor
Lengyelország	Polish Glass Manufactures's Federation	Tomasz Chruszczow
	Guardian Czeszochowa	Robert Nowak
	Saint-Gobain Poland Polish Glass Manufacturers' Federation	Jan Swiatek
Lettország	JSC, Valmieras stikla skiedra	Mr. Vasilij Akisins
Luxemburg	Administration de l'Environnement	Mr. Pierre Dornseiffer

Ország	Szervezet	Név
Málta	Malta Environment and Planning Authority	Michael Sant
Németország	Umweltbundesamt (UBA Dessau)	Sandra Leuthold
Olaszország	Stazione Sperimentale del Vetro Ministry of Environment Assovetro ENEA - Cr. Cassaccia	Nicola Favaro Giuliana Gasparrini Paolo Giacobbo Franco Tinti
Portugália	Environment Portuguese Agency Ministry of Economy General Directorate for Industry	Ana Isabel Costa Paula Gama Antonio Oliveira
Spanyolország	Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino Fundacion Comunidad Valenciana - Region europea ANFEVI Vidrio Espana TRAGSATEC - Área de Medio Natural Ministerio de Medio ambiente	Carmen Canales Manuel Irun Molina Juan Martin Cano Carlos Rodero Marta Tejedor de Vega Inigo de Vicente-Mingarro
Svédország	Länsstyrelsen i skanelän	Maria Bouvin
Szlovákia	Rona	Viera Petruskova
Szlovénia	Environmental Agency Ministry of Environment and Spatial Planning	Tomaz Majcen Janko Zerjav

Csoport	Szervezet	Név
Környezetvédelmi civil szervezetek		Christian Schaible
Ipari érdekképviselői szervezetek	Centro Tecnológico Ceramica e Vidro TNO Science & Industry Knauf Insulation Ltd. ANFFECC ITC - Instituto Tecnologia Ceramica ARC INTERNATIONAL Owens Corning Composites FEVE - European Federation of Container Glass	Ms. Marisa Almeida Mr. Ruud Beerkens Mr. Adrian Bold Mr. Manuel Brea Calatayud Mr. Luis Brea Ferrer Ms. Irina Celades Mr. Francois Deblock Mr. Freddy Dethier Ms. Adeline Farrelly

Csoport	Szervezet	Név
Ipari érdekképviselői szervezetek	Saint-Gobain Emballage	Mr. Nicholas Harris
	ECFIA European Association representing the High Temperature Insulation Wool Industry	Ms. Ulrike Heidegger
	Schott AG	Mr. Thomas Hünlich
	Rockwool International A/S	Mr. Thorstein Jorgensen
	ARC INTERNATIONAL	Mr. Denis Lalart
	Asociacion Nacional de Fabricantes de Fritas, Esmaltes y Colores Ceramicos (ANFECC)	Ms. Maria Dolores Llanes
	Peter Nisbett Associates Ltd. (APFE organization)	Mr. Peter Nisbett
	Olefins Europe-FK3 9XH	Mr. Steven Ramsay
	CPIV - Comité Permanent des Industries du Verre Européenne	Mr. Fabrice Rivet
	ECFIA European Association representing the High Temperature Insulation Wool Industry	Mr. John Simons
	Pilkington Plc. – Lancashire	Mr. Simon Slade
	Saint-Gobain Conceptions Verrieres	Mr. Guy Tackels
	AIVE	Ms. Isabel Maria Valente
	AGC Flat Glass Europe	Mr. Guy Van Marcke de Lummen
	CPIV - Comité Permanent des Industries du Verre Européenne	Mr. Frederic van Houte

A BREF elkészítésében résztvevők elérhetőségei az alábbi linken találhatóak:

http://eippcb.jrc.es/reference/_members.cfm?twg=glis

A BREF készítése során referenciaként használt dokumentumok listája az alábbi linken érhető el:

http://eippcb.jrc.es/reference/_referencesBATIS.cfm?twg=glis